

المجلد 22 - العددان 9/8
أغسطس / سبتمبر 2006

SCIENTIFIC
AMERICAN

August/ September 2006

مجلة العلوم

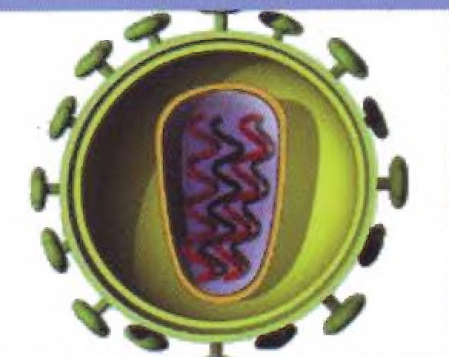
الترجمة العربية لمجلة ساينتيفيك أمريكان
تصدر شهرياً في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي



حماية تتعدى عالم الحيوان



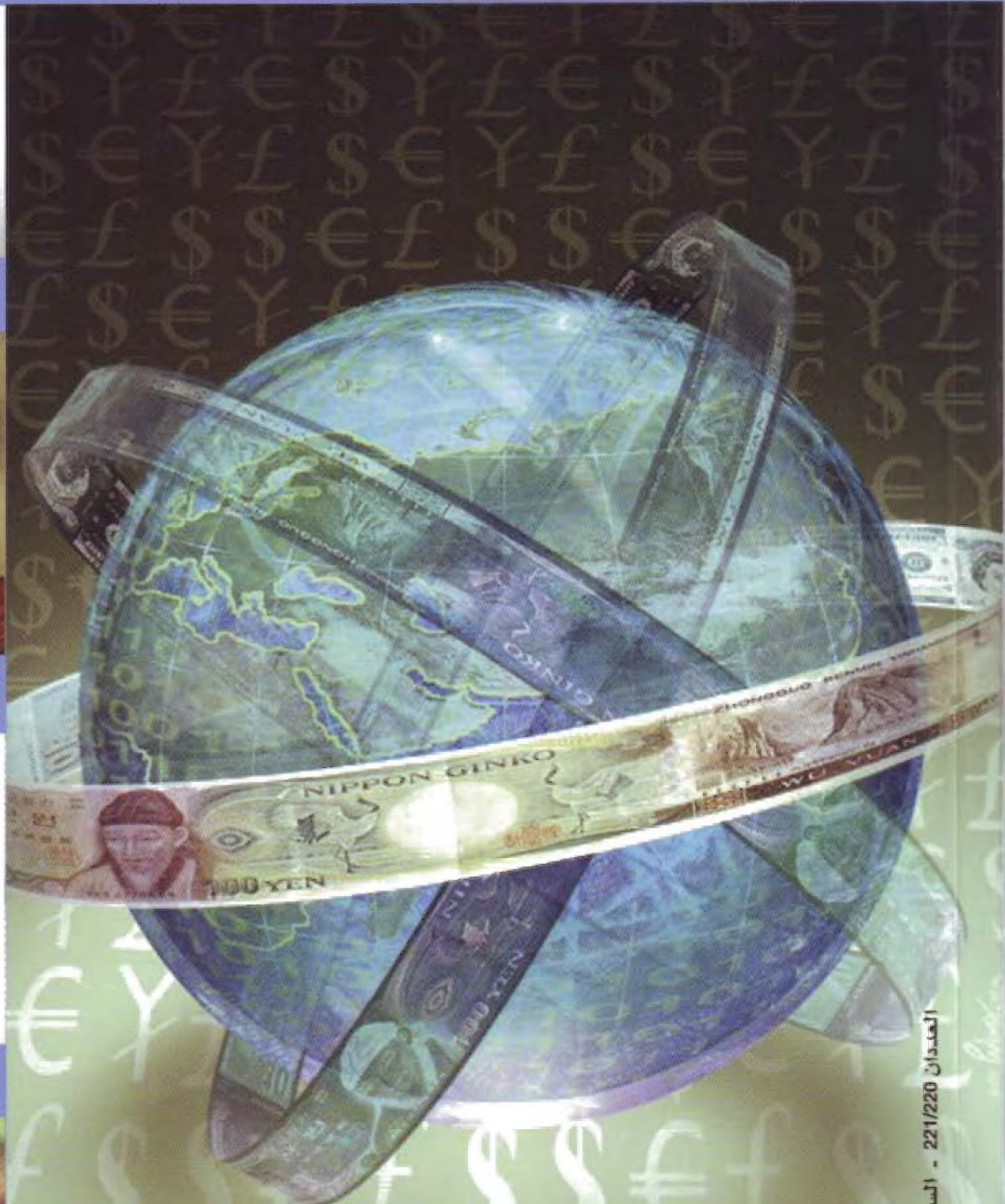
إيقاف داء الزهايمر



انقراض جديد على فيروس الإيدز



لماذا تبدو بعض الحيوانات ذكية جداً؟



هل العولمة تساعد فقراء
العالم أم قد تضر بهم؟

العددان 221/220 - السعر: 1,500 دينار كويتي

ترجمة في مراجعة

المقال

هل العولمة تساعد فقراء
العالم أم قد تضر بهم؟
<P بارديان>

أديب كولو - عدنان الحموي



4

الجواب هو الاثنان معا. والسؤال الحقيقي هو كيف يمكن جعل الفوائد في حدها
الأقصى والأضرار في حدها الأدنى

تشكيل صورة لوجه
جورج واشنطن في شبابه
<H J شوارتز>

محمد بسام الكردي - حاتم النجدي



10

تشبه صورة «جورج واشنطن»، وهو في أواسط عمره، الصورة الموضوعة على ورقة
الدولار. لكن لا توجد أي لوحة تصوره وهو شاب. وهنا يستخدم خبير في علم الأصول
البشرية الحاسوب لرسم صورة له.

انقراض جديد على فيروس الإيدز
<G. ستبكر>

قاسم السارة - عدنان تكريتي



18

إن الأبحاث المتواصلة، التي أجريت حول مواطن الضعف في الفيروس HIV (فيروس
الإيدز)، تطرح أفكارا عن صنف جديد تماما من الأدوية العلاجية.

حماية تتعدى عالم الحيوان
<M.A. كولبيرك> - <Th. هارتونك>

محمد عصام اغا - محمد أبو حرب



22

غالبا ما تؤدي اختبارات السلامة الفائقة الدقة إلى فائدة غير متوقعة تقلل من معاناة الحيوان.

المصادر الخفية للسنة اللهب الشمسية
<D.G. مولان>

علاء إبراهيم - خضر الاحمد



30

لقد بدأ الباحثون يفهمون كيف يمكن لدينامية الحقل المغنطيسي الشمسي أن تثير
انفجارات هائلة في جو الشمس.

«مجلة العلوم» تصدر شهرياً في الكويت منذ عام 1986 عن «مؤسسة الكويت للتقدم العلمي» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام. يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت. وقد نُشرت عام 1978 بهدف التوعية في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي. وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. «مجلة العلوم» هي في ثلاثة أرباع محتوياتها ترجمة لـ «ساينس فيك» الأمريكي، التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وشيخ هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تكميل القاري. غير المتخصص من مناهضة تطورات معارف عصره العلمية والتقنية. وتوفر معرفة شاملة للقاري. المتخصص حول موضوع تخصصه. تُصدر «ساينس فيك» الأمريكي، ثمانين عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق لأموار العلم المتقدمة وباستخدامها القيم للصور والرسوم الثرة والجدول

إيقاف داء الزهايمر

< S.M. وولف >

زياد القطب - عدنان الحموي

هذا المرض المدمر للذاكرة يتقدم عبر سيرورات جزيئية نوعية. ويمكن لمداخلات استراتيجية أن تصد هذه السيرورات



38

إحباط الإرهاب النووي

< A. كلانز - < A.F. ثون هيل >

أسامة ربيع - أحمد فؤاد باشا

يحتوي الكثير من المفاعلات البحثية المدنية على يورانيوم عالي التخصيب يمكن أن يستغله إرهابيون في صنع قنابل نووية. ويجب بذل المزيد من الجهود لاحتواء هذا التهديد.



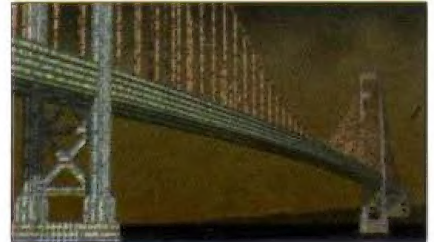
46

برمجيات تُصمَّم بحيث يعوّل عليها

< D. حاكسون >

حاتم النجدي - عمر الفاروق النزري

سوف تساعد أدوات تحليلية قوية وجديدة على ضمان وثوقية البرامج الحاسوبية الضخمة التي تُشغّل المصارف والاتصالات والنظم الصناعية الأخرى.



54

تمكُّ مادة الحياة

< G. ستيكس >

هاني رزق - عبدالقادر رحمو

لم تتسبب براءات الدنا DNA في الإخلال بالأبحاث الطبية الحيوية والمعايير المجتمعية الذي توقعه الناقدون. ولكن الطوفان قد يكون في الطريق



60

لماذا تبدو بعض الحيوانات ذكية جداً

< C. فان شتيك >

جمال أبوسنة - زياد القطب

يوحى السلوك الاستثنائي للسُّعلاوات (قرود الأورانج أوتان) في أحد مستنقعات سوفطرة بإجابة مذهشة عن هذا السؤال



70

80 أخبار علمية

- انقطاع التنفس الرقادي
- أقدم مما تتوهمه

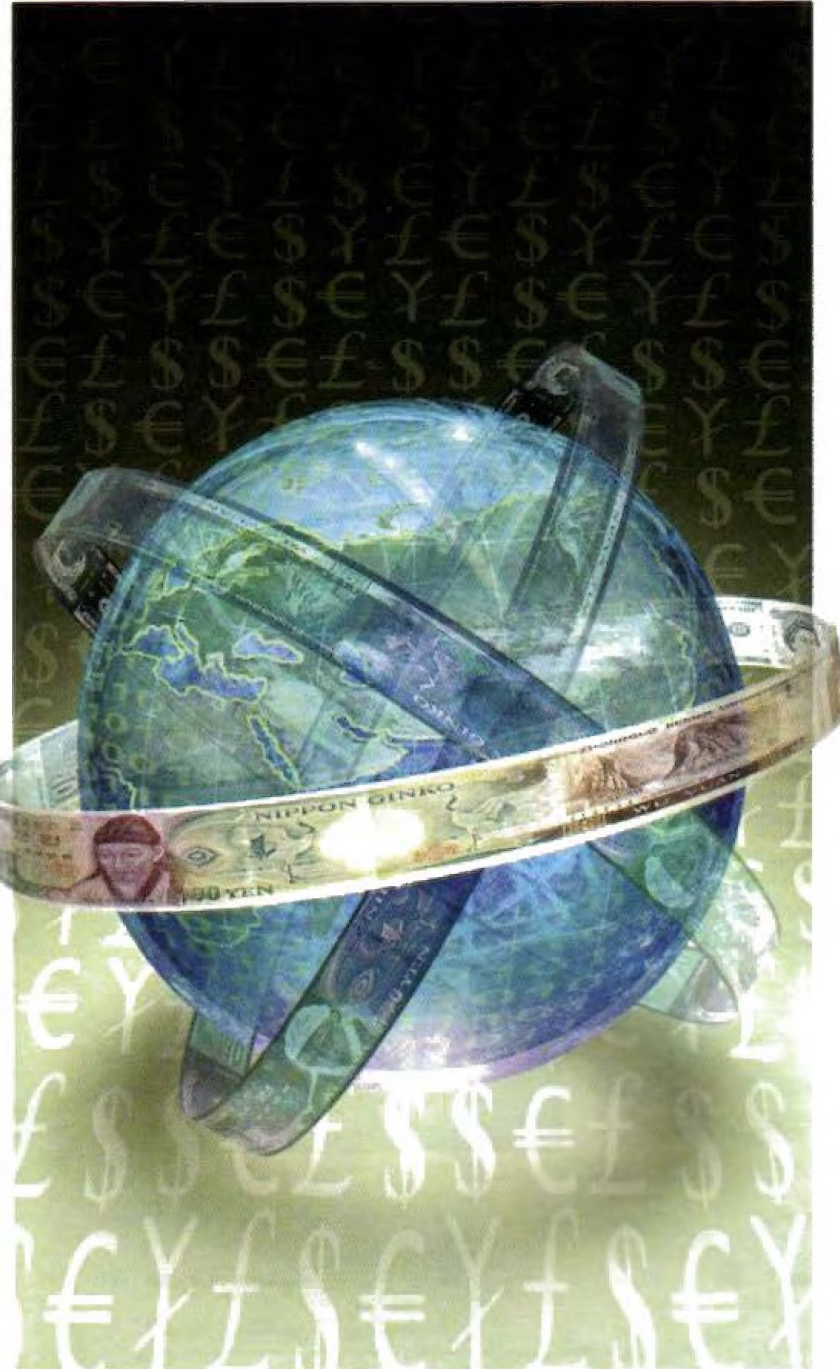
78 معرفة عملية

الكيمياء المحنكة في تكرير النفط الخام

هل العولمة تساعد فقراء العالم أم قد تضرُّ بهم؟^(١)

الجواب هو الاثنان معا. والسؤال الحقيقي هو كيف يمكن جعل الفوائد في حدها الأقصى والأضرار في حدها الأدنى.

«P باردان»



أصبحت العولمة والقضايا الأخرى المرتبطة بها كالفقر وانعدام المساواة موضوع الساعة، لا تنافسها فيها أية قضايا أخرى باستثناء الإرهاب الدولي وارتفاع درجة حرارة الأرض. فمعظم الأشخاص الذين أعرفهم يحملون أفكارا راسخة عن العولمة. ومعظمهم يعبرون عن رغبتهم في تحسين أوضاع الفقراء في العالم. وتؤكد الصحف الاقتصادية العالمية والمسؤولون الدوليون بثقة أن الأسواق العالمية الحرة تعزز من فرص الفقراء في تحسين أوضاعهم، في حين يشدد مناهضو العولمة على الرأي المعاكس. ولكن عادة ما يكون رسوخ معتقدات الناس متناسبا عكسيا مع الدلائل الواقعية التي يدركونها.

وكما هو شائع في المناقشات العامة المثيرة للجدل، تفسر العولمة بمعان مختلفة، فالمؤيدون يفسرونها على أنها تقانة الاتصالات وانتقال رأس المال، أو التعاقد مع الشركات المحلية في الدول الغنية؛ أما مناهضوها فيعتبرونها مرادفة للراسمالية أو للهيمنة الثقافية والاقتصادية الأمريكية. لذلك من الأفضل أن أوضح في بداية هذه المقالة أنني سانشير بشكل رئيسي إلى العولمة الاقتصادية؛ أي إلى توسع الاستثمارات والتجارة الدولية. ولكن السؤال هنا والذي يعتبر هذا من أهم الأسئلة في العلوم الاجتماعية اليوم هو كيف تؤثر هذه العملية في الأجور والدخول وحصول الفقراء على الموارد؟

بعد ربع قرن من انتهاء الحرب العالمية الثانية، قامت معظم الدول النامية في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية بحماية اقتصادها وعزلته عن الاقتصاد العالمي. ومع ذلك، قامت معظم هذه الدول بفتح أسواقها منذ ذلك الحين. فعلى سبيل المثال، توسعت تجارة الخدمات والبضائع من الناتج الإجمالي الوطني (GPD) بين عامي 1980 و 2000؛ في الصين من 23% إلى 46%، وفي الهند من 19% إلى 30%. وقد سببت هذه التغيرات

(١) DOES GLOBALIZATION HELP OR HURT THE WORLD'S POOR?



حقول الرز. مقاطعة جيانكزي. الصين، أوائل التسعينات.

العديد من المصاعب للفقراء في الدول النامية، ولكنها في الوقت نفسه طرحت العديد من الفرص التي استفادت منها بعض الدول ولم تستفد منها دول أخرى، وذلك من خلال الاعتماد بشكل كبير على مؤسساتهم الاقتصادية والسياسية الوطنية (ويطبق هذا أيضا على العاملين ذوي الأجور المنخفضة في الولايات المتحدة الأمريكية، مع أن تأثيرات العولة في الدول الغنية تتجاوز نطاق هذه المقالة). ونعتبر المحصلة الصافية في معظم الأحوال عملية معقدة وسياقية، تناقض التصريحات السطحية التي تؤيد أو تعارض العولة. ومن هنا يعتبر إدراك مثل هذه التعقيدات أساسيا لاتخاذ الإجراءات الفعالة في هذا المضمار.

ليست بلاء ولا دواء^(*)

ترتكز حالة التجارة الحرة على المبدأ القديم المبني على المزايا التفضيلية، حيث يبني هذا المفهوم على أن الدول تكون بوضع

المنافع المحتملة والتكاليف الفعلية من التجارة وحول أهمية الحماية الاجتماعية للفقراء. وفي حين يعتقد مؤيدو التجارة الحرة أن تزايد موجة الاستثمار والتخصص العالمي يفيد الجميع، يشير آخرون إلى أن العديد من الفقراء لا يملكون القدرات على التكيف مع

يمكن إرجاع التناقض الكبير في معدلات الفقر المدقع في الصين إلى قانون الإصلاح الزراعي لعام 1978 وغيره من العوامل الداخلية، وليس نتيجة للخطوات الكبيرة التي تم اتخاذها في مجال التجارة الخارجية أو الاستثمارات.

إلى الوقائع، بذت القضية أكثر تعقيدا. فالبنك الدولي يقدر، بالاعتماد على بيانات المسح الأسري التي جمعت من قبل منظمات مختلفة، أن نسبة ضئيلة من السكان في الدول النامية تعيش تحت خط الفقر المحدد بدولار واحد في اليوم (وفقا لأسعار عام 1993): ووفقا لنفس المعيار، فإن الفقر المدقع يتضائل بالمجمل

ظروف الأسواق المتغيرة ويناقش هؤلاء الاقتصاديون أن منافع التخصص تتحقق على المدى الطويل، الذي من المفترض خلاله أن يكون الأشخاص والموارد قابلين للتأقلم بشكل كامل

أفضل عندما تقوم بتصدير السلع التي تتفوق بإنتاجها، وتستورد احتياجاتها الأخرى وتؤيد جميع المناهج الاقتصادية السائدة هذا المبدأ، ولكن فيها مع ذلك اختلافات كبيرة في الآراء حول التوازن بين

نظرة إجمالية: العولة والفقر^(**)

- يعتبر توسع التجارة الدولية والاستثمارات من أهم الاتجاهات السائدة في الوقت الحاضر. ولكن يميل صانعو السياسات إلى مناقشتها من دون مراجعة دقيقة للدلائل المتوافرة في العلوم الاجتماعية
- نظرا لأن الحقيقة الحالية للعولة تزامنت مع الانخفاض المستمر في نسبة الأشخاص الذين يعيشون في فقر مدقع، يمكن الاستنتاج أن العولة بمجملها لا تجعل الفقراء أكثر فقرا. وعلى السواء، ليس لها نصيب كبير في تخفيض معدلات الفقر، الذي تم في حالات عديدة قبل تحرير التجارة.
- إن الدول التي تعزز الحقوق الاقتصادية الأساسية - تحسين البنية التحتية، ضمان الاستقرار السياسي، تنفيذ الإصلاح الزراعي، توفير شبكات الأمان الاجتماعي، التصدي لعوائق السوق مثل عدم القدرة على الحصول على قروض - تكون أكثر نجاحا في تخفيض معدلات الفقر. ومع أنه يمكن للعولة أن تساعد في هذا المضمار، فإنها لن تكون سوى عامل من بين العديد من العوامل.

(*) Neither Plague nor Panacea

(**) Overview Globalization and Poverty

(*) context-dependent أو تعتمد على السياق



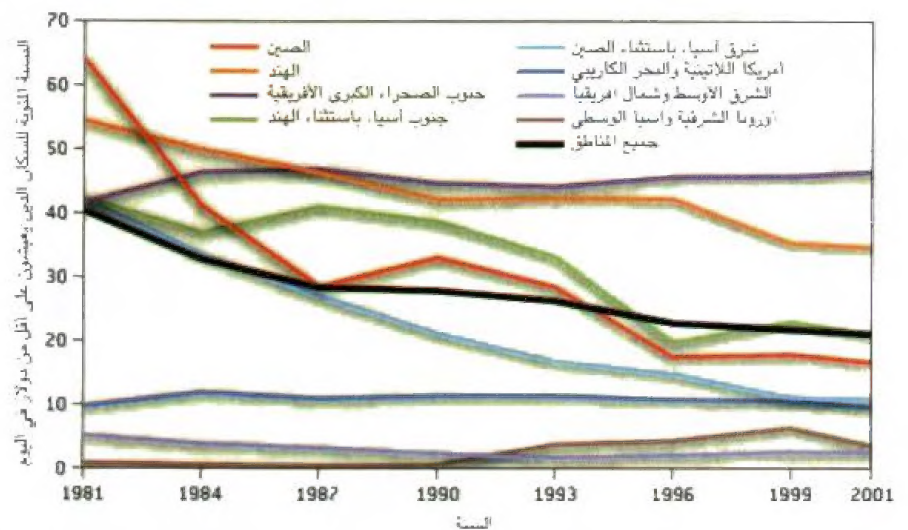
الهند، شانغهاي، 1999

الاستثمار فثلاثة أرباع ما ينوق على الـ 400 مليون صيني الذين تم انتشارهم فوق خط الفقر العالمي بين عامي 1981 و 2001، جرى انتشارها بحلول عام 1987. وبالمثل، يمكن إرجاع انخفاض معدل الفقر الريفي في الهند إلى انتشار الثورة الزراعية، والبرامج الحكومية للتصدي للفقر والحركات الاجتماعية. وليس إلى إجراءات تحرير التجارة في التسعينات من القرن الماضي. ففي أندونيسيا، أدت الثورة الزراعية والسياسات الاقتصادية الكبرى واستقرار أسعار الأرز والاستثمارات الهائلة في البنية الزراعية التحتية، دورا كبيرا في تخفيض معدلات الفقر في الأرياف. وبالطبع، أسهمت العولة من خلال توسيع فرص العمل في مجال التصنيع المعتمد على الأيدي العاملة الكثيفة، في انتشار العديد من الصينيين والأندونيسيين من دوامة الفقر منذ أواسط الثمانينات (وهذا لا ينطبق بعد على الهند لأسباب مؤسسية وسياسية داخلية عديدة). لكن ثمة سبب واحد من بين العديد من الأسباب التي تفسر التقدم الاقتصادي في السنوات الخمس والعشرين الماضية.

إن المشككين في فوائد العولة يشيرون إلى أن نسبة الفقر بقيت لفترة طويلة مرتفعة في جنوب الصحراء الكبرى الأفريقية، فبين عامي 1981 و 2001، ازدادت نسبة الأفارقة الذين يعيشون تحت خط الفقر من 42% إلى 47%، ولكن يبدو أن هذا التزايد في نسبة الفقراء يمكن إرجاعه إلى عدم استقرار الأنظمة السياسية أو فشلها أكثر من كونه نتيجة للعولة. كما أن تخوف المستثمرين والتجار من عدم الاستقرار هذا قد أضعف من تأثيرات العولة ثم إن السياسات غير المستقرة قد أسهمت في تضخيم العوامل الطويلة الأمد، مثل العزلة الجغرافية وانتشار الأمراض والاعتماد المفرط على مجموعة محدودة من السلع التصديرية والانتشار البطيء للثورة الزراعية [انظر: هل يمكن القضاء على الفقر المدقع؟، العلوم، العدد 5 (2006)، ص 16].

يمكن إرجاع تناقص معدلات الفقر إلى عوامل داخلية، مثل توسع البنية التحتية وقانون الإصلاح الزراعي لعام 1978 (والذي تم من خلاله تفكيك الكوميونات العائدة لحقبة ماو)، والتغيرات في أسعار شراء الحبوب، إضافة إلى تخفيف القيود المفروضة على الهجرة من الريف إلى المدينة. وفي الواقع، فقد حدث تناقص كبير في معدلات الفقر في أواسط الثمانينات، وذلك قبل الخطوات الكبيرة التي تم اتخاذها في مجال التجارة الخارجية أو

وتشكل بمجموعها حوالي نصف مجموع سكان الدول النامية - بين عامي 1981 و 2001. تناقصت نسبة الريفيين الذين يعيشون على أقل من دولار واحد في اليوم من 79% إلى 27% في الصين، ومن 63% إلى 42% في الهند، ومن 55% إلى 11% في أندونيسيا. لكن مع أن الفقراء بمجملهم لا يزدادون فقرا، لم يستطع أحد أن يبرهن بشكل مقنع على أن التحسن في أوضاعهم يعزى إلى العولة بصورة رئيسية. ففي الصين على سبيل المثال،



لقد أصبح الفقر المدقع أقل انتشارا على مر العقود الماضية، ومن ضمنها الحقبة التي سادت فيها العولة. لذلك، من الخطأ الادعاء، كما يفعل الكثيرون، أن العولة تجعل الفقراء أكثر فقرا. فالدول التي تآثرت بالركود الاقتصادي، وبشكل خاص في أفريقيا، كانت معزولة عن الاقتصاد العالمي. لذا فإن مصائب هذه الدول تُرد إلى أسباب أخرى.

مصانع يكدح فيها العمال باجور زهيدة⁽¹⁾



لاجئون من بورما في معمل صناعة البسة، ماي سوت، تاييلاند. التسعينات

إن المنافسة في الأسواق الدولية تُجزي الأشخاص ذوي المبادرات والمهارات والمعلومات، ويعوق الفقراء في كل مكان عدم حصولهم على التمويل اللازم لمشروعاتهم والاستفادة من الفرص المتاحة لتعلمهم مهارات جديدة. كما أن العمال في بعض الدول النامية - وعلى سبيل المثال لا الحصر، المكسيك - أخذوا يخسرون وظائفهم في الصناعات التي تعتمد على الأيدي العاملة الكثيفة لصالح نظرائهم في آسيا. وفي الوقت نفسه، أسهمت الاستثمارات الأجنبية في طرح فرص عمل جديدة. وعموما، تبدو تأثيرات العولمة هي تحسن صاف. ففي المكسيك، تتضاءل نسبة الفقر في المناطق التي انخرطت أكثر من غيرها في الاقتصاد العالمي. مع أن الفتيين والمهرة يهاجرون إلى تلك المناطق، مما يحسن دخولهم بصورة مستقلة عما تحققه العولمة. فلقد أظهرت دراسة أجراها «G. هانسون» [من جامعة كاليفورنيا - سان دييغو]، أخذت بعين الاعتبار فقط الأشخاص الذين ولدوا في منطقة معينة (لذا لم يُدخل المهاجرون في عداد هؤلاء) أن متوسط الدخل خلال التسعينات في الولايات المكسيكية الأكثر تأثرا بالعولمة، ازداد بنسبة 10% أكثر من زيادته في تلك الولايات الأقل تأثرا.

وفي اقتصادات آسيا الفقيرة - على سبيل المثال، بنغلادش وفيتنام وكمبوديا - يعمل عدد كبير من النساء في معامل تصدير الألبسة، حيث تعتبر دخولهن حسب المعايير العالمية قليلة ولكنها أكثر من تلك الدخل التي سيحصلن عليها من العمل في مهن أخرى. لذلك يجب على المدافعين عن حقوق العمال الذين يساورهم القلق على أحوالهم أن يقدروا التحسن النسبي في ظروف وأحوال النساء. فقد استشهد تقرير لأوكسفام (وهو اتحاد دولي لمنظمات غير حكومية يعمل على محاربة الفقر في العالم) بسيدة تبلغ من العمر 23 عاما وتعمل في

صناعة الملابس بقولها:

«هذا العمل مرهق ولا تتم معاملتنا بإنصاف. فالمدبرون لا يحترمونا كنساء، ولكن الحياة أصعب بالنسبة إلى أولئك الذين يعملون خارج المصنع ففي قريتي، سأحصل على دخل أقل، ويحصل أولئك الذين يبيعون في الشوارع أو الذين يحملون الأجر إلى مواقع البناء على أجر أقل هناك خيارات قليلة أخرى. وبالطبع أود أن تتاح لي ظروف أفضل. ولكن هذا العمل يضمن لي إطعام أولادي وتحسن ظروف حياتهم.»

في بنغلادش، وقد قامت كل من اليونيسيف وجماعات المساعدة المحلية بالتحقيق في نتائج هذا الإجراء فوجدوا أن 10 آلاف طفل من هؤلاء عادوا إلى مقاعد الدراسة، ولكن البقية أخذت تعمل في مهن أدنى، من ضمنها مكاسر الحجارة والذعارة. ولكن هذا لا يبرر ظروف العمل المروعة في المصانع، حتى وإن تجاهلنا حالات العمل القسري أو ظروف العمل غير الآمنة، ولكن يجب على مؤيدي العولمة إدراك فرص العمل المتاحة للفقراء، والنتائج المحتملة غير المقصودة لسياسات «التجارة المنصفة» fair trade

الجنود المحلية للفقراء⁽²⁾

لا يجلب الاندماج في الاقتصاد العالمي المكاسب فقط وإنما أيضا العديد من المشكلات. فحتى لو كانت فرص العمل الجديدة التي يجلبها هذا الاندماج أفضل من القديمة، فإن التحول يمكن أن يكون موجعا فمعظم الدول الفقيرة توفر حماية اجتماعية ضعيفة الفعالية لمساعدة الفقراء الذين فقدوا وظائفهم ولم يستطيعوا إيجاد البديل. أضف إلى ذلك، فإن أعدادا كبيرة من الفقراء تعمل في مزارعها الصغيرة أو مشاريعها العائلية حيث معظم المشكلات التي تواجهها محلية. مثل، عدم قدرتهم على الحصول على قروض، وضعف البنية التحتية وفساد المسؤولين الحكوميين، وعدم أمان حقوق

وفي عام 2001، قامت كل من «نايلة كبير» [من جامعة ساسكس في بريطانيا] و«سيمين محمود» [من معهد بنغلادش للدراسات التنموية] بإجراء مسح شمل 1322 امرأة عاملة في دكا، حيث وجدنا أن متوسط الدخل الشهري للعاملات في صناعة الملابس كان أعلى بنسبة 86% من متوسط دخل العاملات الأخريات اللاتي يعشن في أحياء الصفيح نفسها.

ويمكن إعطاء دليل آخر على مثل هذا التحسن النسبي في أوضاع العاملات عندما تتلأش مثل هذه الفرض. ففي عام 1993، واستبقا للحظر الأمريكي على الواردات التي يتم تصنيعها من قبل عمال أطفال، تم طرد نحو 50 ألف طفل يعملون في صناعة الملابس

(*) Sweatshops

(**) The Local Roots of Poverty

(1) التجارة التي تقوم على بيع السلع بسعر معين في كل مكان أو بسعر أعلى منه (التحذير)



ببت دعارة في جوار محطة ماهيم للقطارات، مومبي، الهند 2002.

وتعزيز أطر المحاسبة الإدارية والسياسية؛ ولكن العوائق هي داخلية إلى حد بعيد وعلى العكس، لا يؤدي الانغلاق الاقتصادي أمام التجارة العالمية إلى تقليل الفوائد المكتسبة للمالكين والسياسيين والأغنياء الذين يتمتعون بالدعم الحكومي. وعليه، لا تعد العولة السبب الرئيس لمشكلات الدول النامية، خلافا لما يدعيه العديد من مناهضي العولة - تماما كما لا تعتبر العولة الحل الوحيد لتلك المشكلات. خلافا لزعـم العديد من مؤيديها

ولكن ماذا عن البيئة؟ يناقش العديد من المدافعين عن البيئة أن الاندماج في الاقتصاد العالمي يشجع على الاستغلال المفرط للموارد الطبيعية الشحيحة مثل الغابات ومصايد الأسماك وتدمير موارد أرزاق الفقراء فتهمـة شائعة توجه إلى الشركات التي تتجاوز حدود بلدانها، هي أنها تتسابق للاستثمار في الدول الفقيرة متجاهلة معايير حماية البيئة، وتكثر الروايات في هذا المضمار، لكن تمّ حولها إجراء عدد قليل من الدراسات الإحصائية فقد اعتبرت إحدى هذه الدراسات

والسياسة (وخصوصا بسبب تركـز الثروات والسلطات بأيدي حفنة قليلة)، لذلك بقيت القليلين دولة نامية، في حين أصبحت كوريا الجنوبية في مصاف الدول المتطورة لقد كانت بوتسوانا وأنغولا من الدول المصدرة للاماس، ولكن تعتبر بوتسوانا حاليا من الدول الديمقراطية السريعة النمو، في حين دمرت الحرب الأهلية أنغولا

وتبرهن خبرات الدول على أنه ليس ثمة ما يدعو لأن تعمل قوى العولة على إعاقـة برامج محاربة الفقر. حيث لا توجد أية قواعد

حيازة الأراضي الزراعية وتسهم الأنظمة السياسية الضعيفة وسوء توزع الثروات وعدم كفاءة أو فساد السياسيين والمسؤولين الحكوميين في إعاقـة استفادة الفقراء من الفرص المتاحة. لذلك فإن فتح الأسواق من دون تخفيف تلك القيود الداخلية يجعل وضع الفقراء أكثر سوءا

وعلى العكس من ذلك، فإن فتح الاقتصاد أمام التجارة وتدفق رؤوس الأموال على المدى الطويل لا يفـاقم من الوضع السيئ للفقراء إذا تم سن القوانين

وفقا للمعايير العالمية، تعتبر أجور وظروف العمل في صناعة الملابس سيئة ولكنها أفضل من العمل في مهن أخرى كالخدمة في المنازل والدعارة.

التي أعدتها عام 2003 «إيسكلاند» [من البنك الدولي] و«أ» هاريسون» [من جامعة كاليفورنيا في بيركلي] في كل من المكسيك والمغرب وفنزويلا وساحل العاج، أن العامل الأكثر أهمية لاستثمار تلك الشركات في هذه الدول هو حجم أسواقها المحلية وليس التملص من تكاليف حماية البيئة المفروضة في الدول الغنية ومن الملاحظ أنه في أية صناعة، تكون المصانع الأجنبية أقل تلويثا للبيئة من المصانع المحلية

وعلى شاكـلة الفقر المستمر، فإن المعايير غير الفعالة للحفاظ على البيئة هي في نهاية المطاف سياسة وطنية أو فشل مؤسساتي.

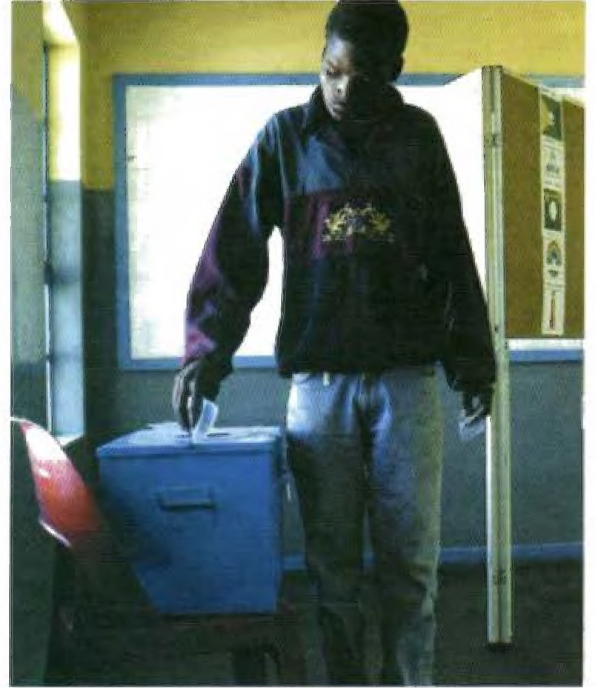
Transnational 11

يجب على الدول من خلالها التحلي عن برامج الحماية الاجتماعية لتدعم اقتصادها. فـفي الواقع، يمكن أن تكون الأهداف الاقتصادية والاجتماعية داعمة بشكل متبادل، فالإصلاح الزراعي، وتوفير فرص الحصول على القروض والخدمات لصغار المنتجين، وإعادة التأهيل والتدريب، ودعم دخل العمال المهاجرين، وبرامج التشغيل العامة للعاطلين عن العمل، وتوفير التعليم الأساسي والخدمات الصحية يمكن أن تعزز إنتاجية العمال والمزارعين. ومن ثمّ تسهم في تعزيز القدرة التنافسية للدول على مستوى العالم، ويمكن أن تتطلب مثل هذه البرامج إعادة النظر بأولويات ميزانيات تلك الدول

والتشريعات ووضع السياسات المناسبة، وخصوصا في إنتاج بضائع أكثر قابلية للتسويق وفي طرح فرص عمل جديدة

ولقد برهنت الدراسات والأبحاث على صحة ذلك فمع أن دخل الفرد في كل من اقتصادات موريتشوس وجاميكا كان متقاربا في أوائل الثمانينات، فقد تفاوت أدائهما الاقتصادي تفاوتاً كبيراً منذ ذلك الوقت، حيث تمتعت جاميكا بمؤسسات ديمقراطية وسيادة القانون، في حين غرقت موريتشوس في الجريمة والعنف، ومع أن دخل الفرد في كوريا الجنوبية والفلبين كان متقاربا في أوائل الستينات، لكن الفلبين تراجعت من حيث المؤسسات الاقتصادية

لا تشرح العولة الأقدار المختلفة لكل من بوتسوانا وأنغولا، وهما من الدول المصدرة للألماس، الأولى ديمقراطية والثانية دمرتها الحرب الأهلية.



مركز اقتراع، كابورون، بوتسوانا، 2004

الدول الفقيرة في عدم اندماجها في الاقتصاد العالمي وليس نتيجة اندماجها فيه فمن الصعب على الفقراء في العالم الخروج من دوامة الفقر عندما تقيد الدول الغنية (وكذلك الدول الفقيرة نفسها) الواردات وتدعم مزارعيها ومصنعيها. وتقدر خسائر الدول النامية من الرسوم الزراعية والدعم الحكومي في الدول الغنية بنحو 45 بليون دولار، وخسائرهم السنوية من القيود التجارية على النسيج والملبوسات بنحو 24 بليون دولار. وتتجاوز حصيلة هذه الخسائر مساعدات الدول الغنية للدول الفقيرة: علما بأن هذه المساعدات لا يجري توزيعها بشكل عادل بين الدول الفقيرة، حيث يستفيد بعض هذه الدول أكثر من غيره إذا ما تم رفع هذه القيود ووقف الدعم الحكومي.

كسر الاحتكارات. غالبا ما يفتقر صغار المصدرين في الدول الفقيرة إلى شبكات التصدير والعلامات التجارية التي تفتح لهم الطريق إلى أسواق الدول الغنية، ومع أن شركات البيع بالمفرق العالمية يمكن أن تؤدي دورا في مساعدة هؤلاء المصدرين، ولكن عادة ما تكون هوامش الأرباح والرسوم المفروضة مرتفعة جدا ومن الصعب التحقق من الممارسات التجارية المقيدة من قبل الوسطاء الدوليين، ولكن هناك العديد من الدلائل التفصيلية التي تدلل عليها فعلى سبيل المثال، تسيطر على سوق القهوة العالمية أربع شركات، وفي أوائل التسعينات كانت أرباح القهوة للدول المصدرة نحو 12 بليون دولار أمريكي، ومبيعات المفرق نحو 30 بليون دولار أمريكي وبحلول عام 2002، تضاعفت مبيعات المفرق. ولكن ما حققته

وطأة الفقر الذي يستمر في ترك بصماته على حياة الملايين من الفقراء في العالم ونورد هنا بعض الإجراءات التي ما تزال في طور النقاش.

التحكم في رأس

المال. يتألف الاستثمار

العالمي المتدفق من رأس

المال الطويل الأمد (كالمعدات) ورأس المال القصير الأمد (كالأسهم والسندات والعملات) الذي يمكن عند سحبه فجأة أن يسبب أضرارا كبيرة للاقتصادات الهشة. ويمكن الاستشهاد على ذلك بالأزمة المالية التي ضربت آسيا في عام 1997، حيث ارتفع معدل الفقر في الريف التايلاندي إلى نحو 50% في أقل من سنة نتيجة ممارسات المضاربين في العملة التايلاندية (البات)، وأدى السحب الجماعي لرأس المال القصير الأمد في أندونيسيا إلى انخفاض حقيقي في الأجور في قطاع الصناعة إلى نحو 44%.

وَحالياً، يرى العديد من الاقتصاديين (ومن ضمنهم أولئك الذين يؤيدون التجارة الحرة) ضرورة وجود نوع من الضوابط على تدفق رأس المال القصير الأمد، وخصوصا إذا ما كانت المؤسسات المالية الوطنية والمعايير المصرفية ضعيفة ويعتقد الكثيرون أن كلا من الصين والهند وماليزيا استطاعت تفادي عبء الأزمة المالية التي ضربت أسيا بفضل وجود ضوابط صارمة على هروب رأس المال. ولكن مازال الاقتصاديون يختلفون حول أشكال تلك الضوابط ومدى تأثيرها في تكلفة رأس المال.

تخفيض الحماية على الإنتاج الوطني.

تجلى أهم العوائق التي يواجهها العديد من

فغياب القوانين والتشريعات التي تحدد حقوق الملكية أو الموارد المشتركة يؤدي عادة إلى الإفراط في استغلال الموارد الطبيعية فقد أدت الاستحابة لضغوط السياسيين المنفذين إلى إجبار الحكومات على خفض أسعار الموارد الطبيعية الثمينة، مثل مياه الري في الهند والطاقة في روسيا، ومنح امتيازات الخشب في أندونيسيا والفلبين. وليس غريبا أن تكون النتيجة استنزاف الموارد ومن المتوقع أن يؤدي فتح أسواق دولة من الدول من دون معالجة هذه الاحتلالات والتحريرات، إلى تفاقم المشكلات البيئية.

عندما يتيح النقاش المجال للعمل

لحسن الحظ، فإن كلا من مؤيدي ومناهضي العولة يطورون - ببطء إلى حد ما - نوعا من الاتفاق ففي مجالات عديدة، يرى الطرفان أن ثمة إمكانية للتنسيق فيما بين الشركات التي تتجاوز حدود بلدانها. والمنظمات المتعددة التمويل وحكومات الدول النامية وجماعات العون المحلية وذلك في برامج تقديم المساعدات للفقراء فتجاوز نقاط الخلاف والبناء على النواحي التي يتم الإجماع عليها والتعاون فيها يمكن أن تجعل الشراكات الدولية قادرة على التخفيف من

تشكيل صورة لوجه جورج واشنطن في شبابه^(١)

خبير في علم الأصول البشرية يُركّب صورة لـ «جورج واشنطن»^(٢)
عندما كان شاباً، وبذا يحل لغز سرٍ مدهشٍ قديم.

«د. شوارتس»

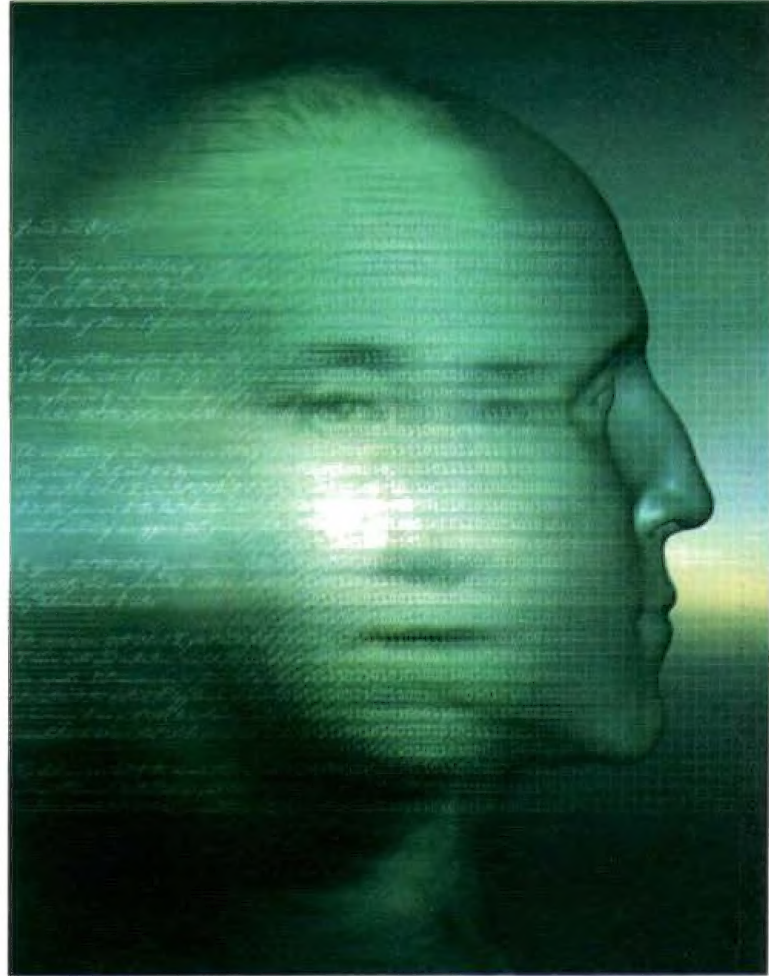
فقد تلقيت دعوة غير متوقعة لإعادة تركيب صورته وهو في شبابه، وقبل ظهور صورته الشهيرة وتمثاله، وقد دفعته هذه الدعوة إلى الانطلاق في رحلة بحث كشفت لي عن شخص «واشنطن» المختلف تماماً عن «واشنطن»، رجل الدولة الخشن الجانب ذي الشفاه الرقيقة الذي رُسمت صورته على ورقة الدولار. لقد بدأت غزواتي للتاريخ الأمريكي عندما طلب إلي «J. C. ريس» [المدير التنفيذي لماونت فِرَنُون، وهي مجموعة عقارات واشنطن] أن أعيد رسم صورة «واشنطن»، المولود في عام 1732 والمتوفى في عام 1799، وهيئته التي كان يبدو عليها خلال ثلاث مراحل مهمة من حياته لقد أراد «ريس» هذه الصور بالحجم الطبيعي لوضعها في مركز ماونت فِرَنُون التعليمي الذي سيُفتتح في هذا العام.

سيصور «واشنطن» ذو التسعة عشر ربيعاً في عام 1751 حينما ابتدأ حياته العملية مغامراً ومساحاً، وسيصور أيضاً كما كان في الخامسة والأربعين من عمره حينما عسكر مع جنوده في العراء خلال الشتاء القارس في وادي فورج Valley Forge بانتظار الفرصة السانحة للانقضاض على البريطانيين الذين كانوا قد احتلوا مدينة فيلادلفيا. وسوف تُضم هاتان الصورتان إلى صورة ثالثة لـ «جورج واشنطن»، ذي السبعة والخمسين عاماً وهو يؤدي القسم في 1789/4/30. بوصفه أول رئيس، وهو دور اختاره عوضاً عن الدور الآخر الذي عُرض عليه، وهو أن يصبح ملكاً.

وبصفتي متخصصاً في علم الأصول البشرية، فقد درست سابقاً عظاماً قديمة لإنسان بدائي، وركبت عينات لأسلافنا وقد عززت تجربتي هذه عملي في مكتب التحقيقات في الوفيات المشتبه فيها في بنسلفانيا. لكن لا يوجد لدي حالياً ما يتيح لي مواجهة التحديات الفضولية المتعلقة باكتشاف الصورة الحقيقية لهيئة «G واشنطن»، فأول ما علمته هو أنه لن يُسمح لي بدراسة هيكله العظمي الذي سيبقى مدفوناً من دون عظام؟ كيف لي أن أتصور نفسي أبداً بتشكيل جديد لهيئة الجسد من دون توافر عظام؟ لكن التحدي كان أشد إغراءً من أن يقاوم.

PUTTING A FACE ON THE FIRST PRESIDENT (١)

(٢) الرئيس الأول للولايات المتحدة الأمريكية



إعادة تشكيل رقمي لما يمكن لهيئة «واشنطن» أن تكون عليه في التاسعة عشرة من عمره.

من بين الذكريات القليلة المتبقية في مخيلتي من المدرسة الابتدائية عن «جورج واشنطن»^(٣) أنه قطع في طفولته شجرة كرز ونسب تلك الفعلة الشنعاء إلى والده؛ وأنه عندما كبر، كانت لديه أسنان من خشب. لكن أخيراً، ازدادت معلوماتي عن «واشنطن» قليلاً، وقد تبين لي أنه لم يقطع شجرة كرز قط، وأنه لم تكن لديه أسنان من خشب. إلا أن هذين الأمرين كانا أقل ما فاجأني.

من دون عظام؟ كيف يمكنني أن أبدأ بتصوّر تشكيل جديد لجسد من دون توافر عظام؟

وهذا يعني أننا نتشارك معا في لغة علمية واحدة وقدمت المشروع إلى مدير الشركة بريزم «أ» رازدان، الذي ابهجنتني موافقته على مساعدتي على التصوير

وقررت أن أبدأ بالصورة التي وضعها «هودون» لـ «واشنطن» عندما كان في الثالثة والخمسين. أما سبب اختياري «هودون» فهو شهرته بأسلوبه الذي يُعنى بأدق التفاصيل فوفقا للروايات التي عاصرتة، استخدم المسماك "calipers" لقياس الرئيس من رأسه حتى أخمص قدميه، لكن من سوء الطالع أن مشغل «هودون» وجميع مدوناته قد دُمّرت أثناء الثورة الفرنسية، ومع ذلك فإن العديد من الخبراء مقتنعون بدقة التمثالين النصفين والكامل، لأن «واشنطن» طلب إلى النحات ألا يتجاوز في عمله حجمه الطبيعي، خلافا لما كان معتادا حينذاك في صنع تماثيل المشاهير.

ولتحديد درجة الدقة، قام «رازدان» وزملاؤه بمسح التمثال النصفين وقناع الوجه. وبمقارنتهما رقميا، وجدوا أنهما متطابقان تقريبا فالفرق بينهما لم يتجاوز 0.3 ملمتر، وهي قيمة مهمة إحصائيا. وهذا يثبت أن التمثالين، الكامل والنصفين، يمثلان وجه «واشنطن» تمثيلا دقيقا. إلا أن شيئا أثار قلبي هو التطابق المذهل بين قناع الوجه ووجه التمثال النصفين. تشير الوثائق في ماونت قرنون إلى أن «هودون» كان قد صنع التمثال النصفين قبل أيام من صنعه قناع الوجه، وهذا يوحي بأنهما يجب أن يختلفا بقدر أكبر، لأن من المفترض أن يكون التمثال النصفين قد صنع يدويا من دون استخدام أي أدوات لكن العينين والاذن والفم المائل اللامتناظر، وموضعي صيواني الأذنين الظاهريين، وتجايد الجبهة هي ذاتها في قناع الوجه وفي التمثال النصفين أخيرا، وبعد أشهر من الحيرة، استنتجت أن «هودون» لم يصنع الوجه في التمثال النصفين يدويا من دون أدوات. فبعد أن أضاف العينين إلى قناع الوجه (لقد غُطيت عينا واشنطن حين صنع القالب لوجهه)، صنع قالباً للقناع وضغط فيه طينا مشويا للحصول على وجه التمثال النصفين. وكان عليّ أن أُلَمَّ بأن بقية الرأس قد ارتكزت على قياسات «هودون» بالمسماك.

وبينما كنا نفرز المعلومات التي حصلنا عليها من المسح الرقمي، التقيت بـ «E.G. مايلز» [المشرفة على الرسم والنحت في معرض اللوحات الوطني السميثوني Smithsonian National Portrait Gallery]، حيث بدأت بجمع المعلومات عن دقة لوحات «واشنطن»

The Clues (١٢)

Overview: Reconstructing GW (١٠)

Partnership for Research in Spatial modeling (PRISM) (١١)

(٢) أداة لقياس البعد بين نقطتين، تتكوّن من ذراعين طويلتين رفيعتين مرتبطتين معا في أحد طرفي كل منهما (التحرير)

كان بين المواد التي حصلت عليها تمثال لـ «واشنطن» بالحجم الطبيعي من الرخام الأبيض وتمثال نصفي وقناع حقيقي لوجهه، وجميعها من أعمال نحّات البلاط الفرنسي «جان أنطوان هودون» الذي شرع في تجسيداته لـ «واشنطن» خلال زيارة قام بها لماونت قرنون في عام 1785 عندما كان عمر «واشنطن» ثلاثة وخمسين عاما وقد أغنت حقنة من اللوحات التي رُسمت لـ «واشنطن» في منتصف حياته وأواخرها المعلومات المتوافرة عنه، وبخاصة اللوحات التي رسمها «إ. ستيوارت»، و«W. Ch» - بيل - وابنة «إ. بيل» و«إ. ترمبل». وأسهمت أيضا عدة مجموعات من أسنان صناعية وملابس مبعثرة، تعود أيضا إلى آخر جزء من حياته. في توفير أدلة أخرى قيمة

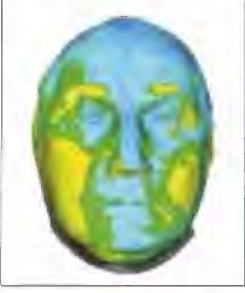
ما كنت أحتاج إليه هو طريقة ما لضم هذه المفاتيح معا ومعالجتها. فعلى سبيل المثال، إذا استطعت إجراء مسح حاسوبي ثلاثي الأبعاد لقناع الوجه والتمثال النصفين، اللذين نحتهما «هودون»، لاستطعت مقارنة دقة تفاصيلهما وإذا استطعت مسح الإنسان الصناعية المتبقية مسحا ثلاثي الأبعاد، لاستطعت إدخالها في الرأس الرقمي لتحديد تقوسات الفكين. حينئذ يمكنني تخمين مقدار العظم الذي فقده «واشنطن» من فكيه قبل بلوغه الثالثة والخمسين من عمره، والتعويض عنه وأنا أشق طريقي باتجاه جعله يبدو أصغر تدريجيا (من المحتمل أن يكون شكل الفكين حينئذ قريبا جدا من شكلهما وهو في السابعة والخمسين)

وحالما أدركت أنني بحاجة إلى العمل في المجال الرقمي الثلاثي الأبعاد، اتجه تفكيري نحو الشركة بريزم. وهي شركة لأبحاث النمذجة الفضائية في جامعة ولاية أريزونا. كنت قد زرت مختبر الشركة عندما أُلقيت محاضرة في هذه الجامعة، وتذكرت رؤية نتائج التعاون الذي ضم جهود النحاتين وخبراء الأصول البشرية والمهندسين وعلماء الحاسوب. ومع أن المختبرات الأخرى لها أيضا خبرة في مجال التصوير الرقمي الثلاثي الأبعاد، فإن الشركة بريزم لديها سجل حافل في مجال العمل مع خبراء الأصول البشرية.

نظرة إجمالية/ تشكيل جديد لـ «جورج واشنطن»

- طلب إلى الكاتب، وهو خبير في الأصول البشرية، أن يجري أول تشكيل شرعي جديد «جورج واشنطن». وهذا المشروع، بوصفه جزءا من مركز تعليمي جديد في ماونت قرنون، بناء تماثيل بالحجم الطبيعي للرئيس الأول عندما كان في التاسعة عشرة، والخامسة والأربعين، والسابعة والخمسين من عمره.
- لم يكن ممكنا استخدام بقايا الهيكل العظمي لـ «واشنطن» لتكوين فكرة عن مقاسات جسمه، إلا أن تماثلا ولوحات وقناع وجه وأطقم أسنان صناعية وملابس تعود جميعها إلى السنوات الأخيرة من حياته، وفُرت المعلومات اللازمة.
- أتاح برنامج حاسوبي خاص ثلاثي الأبعاد للكاتب وزملائه جمع هذه المعلومات ومعالجتها للوصول إلى التماذج الثلاثة شبه الحية.

الخطوات الأولى في التشكيل الجديد



مقارنة



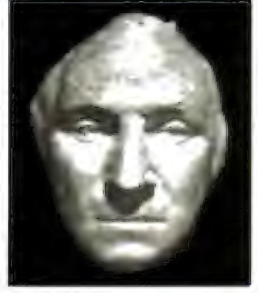
صورة رقمية للتمثال النصفي.



صورة رقمية لقناع الوجه



تمثال نصفي لـ «واشنطن» وهو في الثالثة والخمسين، صنعه «هوبور».



قناع وجه حقيقي لـ «واشنطن» وهو في الثالثة والخمسين، صنعه «هوبور».

أجرى الكاتب وزملاؤه مسحاً حاسوبياً ثلاثي الأبعاد لقناع الوجه والتمثال النصفي وقارنوهما رقمياً. وكانت النتيجة فرقاً بسيطاً يساوي 0.3 ملمتر. يتغير اللون الأصفر إلى مناطق التباين، أما مناطق العين والأنف والفم التي هي أكثر أهمية، فهي متطابقة تماماً.

كان التمثال النصفي وقناع الوجه الحقيقي، اللذان صنعتهما النحات A. هوبور، في عام 1786، عندما كان «واشنطن» في الثالثة والخمسين، نقطة بداية التشكيل الجديد. ولتحديد إمكان استخدام التمثال النصفي بثقة ليُعبر عما كان يبدو عليه «واشنطن».



مقارنة اللوحة بالتمثال النصفي.



وضُغ صورة اللوحة الرقمية فوق التمثال النصفي.



صورة رقمية للوحة.



لوحة لـ «واشنطن» في الأربعين من عمره رسمها «W. C. بيل».

كان قد فقد معظم أسنانه في الثالثة والخمسين من عمره، لكنه في بداية الأربعينات من عمره، بقيت لديه أسنان أمامية على الأرجح. وهذا ما سبب الاختلاف في شكل وجهه. والاختلاف الذي لوحظ، ارشد الكاتب إلى نهج العودة إلى الوراء، انطلاقاً من التمثال النصفي والقناع، إلى سنوات أكر

للمساعدة على استعادة هيئة «واشنطن» الشاب، مسحوا رقماً أقدم لوحة موجودة، وهي لوحة رسمها «W. C. بيل» في عام 1772، عندما كان القائد في الأربعين من عمره. وبينت مقارنة هذه الصورة الرقمية بصورة التمثال النصفي الرقمية أن المسافة بين الأنف والدخان كانت أطول في اللوحة. وعلل الكاتب هذا كما يلي: صحيح أن «واشنطن»

تجلى حينئذٍ قارنت «مايلز» لوحتين رسمتهما «بيل» وابنه «رامبرانت» ذو السبعة عشر عاماً، في أن واحد في عام 1795. عندما جلس «واشنطن» أمامهما ليرسماه وهو في الستينات من عمره. لقد قام «بيل» الأب برسم شخص قصير بدين، يبدو رقيقاً، ذي وجهين ورديتين، إنه رفيقه وصديق عمره أما الابن فقد رسم رجلاً مسناً هزلاً ملأت وجهه تجاعيد عميقة. وهكذا تكون لدينا أربع صور على الأقل شبيهة لـ «واشنطن» في الستينات من عمره. كلٌ منها يختلف عن الآخرين اختلافاً واضحاً

صحيح أن الصور كانت مربكة، بيد أن أطقم الأسنان الصناعية كانت أشد إرباكاً. طبعاً، سرعان ما عرفت أن «واشنطن» لم يستخدم أسناناً صناعية خشبية قط، خلافاً للأسطورة القائلة بذلك. ففي القرن الثامن عشر، كان العاج أكثر مادة استعمالاً في صنع الأطقم الصناعية التي تُثبت فيها أسنان (إنسان أو حيوان)، وكان غالباً ما يؤخذ من أنياب عرس النهر ومع الوقت، كانت تحدث

First Steps in the Reconstruction

ومزايهاها لقد حذرتني «مايلز»، منذ البداية، أن على المرء أن يكون مرتاباً، ليس فقط في اللوحات المنسوخة عن لوحات أصلية رسمها فنانون وقف «واشنطن» أمامهم كي يرسموه، بل باللوحات الأصلية ذاتها أيضاً. خذ، على سبيل المثال، لوحة «ستيوارت» التي رسمها في أواخر تسعينيات القرن الثامن عشر، وهي واحدة من بضع لوحات رسمت لـ «واشنطن» بالحجم الكامل في ذلك القرن. يمكن التمييز أن الوجه فيها هو وجه «واشنطن»، ويبدو أن «ستيوارت» قد نقله من لوحته المعلقة حالياً في مكتبة Boston Athenaeum (مجمع موسطن للآداب والعلوم). وهي صورة مرآتية لتلك الموجودة على ورقة الدولار. أما اليدين على الأقل، فهما من نسج خيال «ستيوارت» على الأرجح، وأما الجسد فقد شكّل على مقاس نحو ثلاثة أشخاص مغلوا «واشنطن» أمامه

وبالمقارنة، يمكن أن تمثل اللوحة، التي رسمها «ترمبل» في عام 1792، جسم «واشنطن» من الرقبة إلى الأسفل بدقة أكبر مما تمثله من الرقبة إلى الأعلى ثمة مثال رائع للتفسير الفني لهذا التباين

إن مجموعة الأسنان الكاملة الوحيدة التي وجدتها كانت طقم أسنان، بدا غامضا أول وهلة، في ماونت فِرِنون.

تشققات شعيرية في سطح العاج بين المواشير المتعددة التي يتألف منها. وتصبح هذه الشقوق داكنة اللون بفعل التصبغ الناجم عن الأكل والشرب والتدخين، مقارنة بمواشير العاج الناصعة. من الواضح أن ثمة من أخطأ عندما ظن أن أنماط الوسخ تلك هي عروق الخشب، فتشأت الأسطورة.

إن الصحيح هو أن «واشنطن» كان قد فقد معظم أسنانه قبل أن يزوره «هودون» في ماونت فِرِنون. ففي الواقع، خلعت سنه الأولى عندما كان في بداية العشرينيات من عمره. وحين بلوغه الثالثة والخمسين، لم يبقَ من أسنانه سوى سنيْن في الفك السفلي على الأرجح. إننا نجهل سبب مشكلته السنية، ولكن من المحتمل أنه أصيب بأمراض سنية متتالية، تفاقمَت بسبب إدمانه أكل الجوز الذي كان يكسره بأسنانه، وفق اعترافه الشخصي. وعندما يفقد المرء سنا، يضرر العظم الذي كان جذر السن مغروسا فيه، فينقلص ارتفاع الفك في تلك المنطقة. وعندما يفقد الكثير من أسنانه، فإن الفكين، وبخاصة الفك السفلي، يتغيران تماما حجما وشكلا. وهذا يعني أن عليّ أن أحاول أولا تحديد حالة فكي «واشنطن» وتجويف فمه وهو في الثالثة والخمسين من العمر. قبل أن أتمكن من التفكير بإضافة أسنان وعظم وتشكيل جديد للفكين لاسترجاع هيئته وهو في التاسعة عشرة وفي الخامسة والأربعين من العمر.

بداية. كان عليّ اقتفاء أثر وجود أي طقم أسنان متبقي بعد موت «واشنطن» يُحتمل أن يكون قد استخدمه في تلك الحقبة من حياته قسبيْن أنه قد دُفِن مع آخر طقم أسنان له لكنني تمكنت من فحص صفيحة أسنان صنعها طبيب الأسنان «جوزيف كرينود» في عام 1789. وهي موجودة في أكاديمية الطب بنيويورك، إضافة إلى جزء سفلي مما كان يوما طقما كاملا صنعه «كرينود» في عام 1795 حينما فقد «واشنطن» سنه الأخيرة، وكان موجودا في المعرض السميثونياني. أما الآن فهو موجود في المتحف الوطني لطب الأسنان لقد اختفى الجزء العلوي أثناء سرقة تعرض لها مستودع المعرض السميثونياني أما المجموعة الكاملة الوحيدة التي استطعت الحصول عليها فقد كانت طقم أسنان، بدا غامضا أول وهلة، ضمن مجموعة ماونت فِرِنون.

لقد وُجِدت هذه المجموعة ضمن أحد صناديق الممتلكات الشخصية لـ «مارثا واشنطن» بعد وفاتها بعدة عقود لم تكن لها أسنان صناعية، ولذا يُحتمل أنها تخص زوجها. ولم يعرف أحد من صنعها ومتى صُنِعت، مع أنني استطعت أن أخمن أنها قد صُنِعت على الأرجح بين عامي 1789 و 1795. وقد أكد الباحثون

أن الصفيحتين مصنوعتان من الرصاص. وأن الأسنان في الصفيحة العليا تتضمن قواطع عليا لحصان أو حمار، وسفلى لبقرة. وأن تلك التي في الفك السفلي هي أسنان إنسان، إضافة إلى جسم صناعي يُحتمل أن يكون قد نحت من قشرة جوزة. إن ما أدهشني هو أنني رأيت أن بعض الأسنان في الصفيحة السفلى هي أسنان بشرية عليا. وأشد غرابة هو اكتشافني أن طقم الأسنان غير قابل للاستخدام أساسا فسطحا الصفيحتين الرصاصيتين لم يكونا مقعّرين لاحتواء اللثة الخالية من الأسنان. بل كانا مسطحين وأكثر من هذا هو أن النوايض التي تربط الصفيحتين معا وتضغطهما على اللثتين كانت متقوسة إلى الخلف، لا إلى الجانبين، وهذا ما يجعلها تدفع الصفيحتين خارجا عندما يفتح واشطن فمه. إن الغرض الوحيد الممكن من طقم الأسنان هذا على الأرجح هو ملء تجويف فم «واشنطن» حينما كان يجلس لرسم لوحة له. ومع ذلك، عرفت من هذا الطقم شيئا عن حجم فكي الرئيس وشكليهما.

مسترشدا بأبعاد الأسنان الزائفة، بدأت بتجميع نموذج لداخل فم «واشنطن» بعدئذ، سوف أهتم بضم هذه المعلومات إلى معلومات قناع الوجه والتمثال النصفي اللذين شكّلهما «هودون»

تجميع الرأس^(١)

بالتعاون مع «١» توشري» [الذي كان يعمل حينذاك لدى الشركة بريزم] أجريت قياسات على التمثال النصفي تخص عرض الفك السفلي في موضع اتصاله مع قاعدة الجمجمة وبالمصادفة. كان لدى «١» بيكر» [العالم في الأصول البشرية لدى حكومة ولاية أريزونا] مجموعة صغيرة من الهياكل العظمية لجنود بريطانيين من الحربين الفرنسية والهندية. وكان لأحدها فك سفلي حجمه يساوي حجم فك «واشنطن» تقريبا، فمسخناه حاسوبيا ووضعناه رقميا ضمن وجه التمثال النصفي، وضخمناه قليلا ليصل إلى الحجم الصحيح. وبعدئذ قمنا رقميا بتهريم^(٢) الفك بحث العظم وجميع الأسنان باستثناء الضاحك الثاني السفلي الأيسر ورقميا وضعنا الأسنان الصناعية الموجودة في ماونت فِرِنون على سطح الفك السفلي كما لو كانت متوضعة في فم «واشنطن». وضبطنا انحناء العظم ومكان وارتفاع الضاحك ليصبح ملائما لمكانه. ثم زدنا دقة هذا التركيب بالمسح الحاسوبي لتسخة مطابقة للأسنان السفلية التي صنعها «كرينود» في عام 1789، ووضعناها على المجموعة التي شكّلناها ونظرا إلى أن الذقن في الفك السفلي للجندي لا يطابق فك «واشنطن» تماما، فقد أعدنا تشكيل ذقن الجندي رقميا للحصول على شكل ذقن «واشنطن» العريض المائل وباستخدام برنامج كتيه «١» هانسن» لدى الشركة بريزم خصوصا لهذا المشروع، غيرنا الزاوية الخلفية للفك السفلي لتعبر عما استطعت استنتاجه عن الحنك من قناع الوجه، وعن تغير شكل

العظم الذي يمكن أن يكون قد حصل خلال نحو ثلاثة عقود من فقدان الأسنان

أما التشكيل الجديد للفك العلوي لـ «واشنطن»، فلم يكن بالأمر السهل لاقتفارنا إلى القسم العلوي المسروق من طقم الأسنان الذي صنعه «جرينوود» في عام 1795. إلا أن المتحف الوطني لطب الأسنان كان يمتلك نسخة عن الأصل الكامل، وخطر ببالي أنه بإمكاننا أن نمسحها مع الفك السفلي الأصلي أيضا لكن عندما قارنت بالعين المجردة النسخة بالفك السفلي الأصلي، رأيت اختلافات واضحة، فقد نُظِّفَت النسخة كي تبدو أجمل من النسخة الأصلية المخيفة إلى حد ما. ومن حسن الطالع أن النسخة والأصل كانتا قد صُوِّرَتَا فوتوغرافيا معا، ولذا نستطيع مسح النسخة. ولما كنا نعرف حجمها، فقد استطعنا حساب حجم الأصل وهكذا استطعنا توليد أسنان عليا ثلاثية الأبعاد وعدّلنا فك الجندي العلوي ليتوافق مع وضع تلك الأسنان فيه، وضبطنا التركيب العظمي الناتج ليتوافق أيضا مع وجه التمثال النصفى.

ولإدخال هذه المعلومات في وجه «واشنطن» وهو في الخامسة والأربعين، ومن ثمّ وهو في التاسعة عشرة من عمره، لجأت إلى لوحات «تشارلز ويلسون پيل» التي تصوّر «واشنطن» وهو في الأربعين. وفي السابعة والأربعين. وبعد أن أمضيت ساعات أُحْدِقُ فيها، فوجئت بأن المسافة بين الأنف والذقن كانت أطول مما هي عليه في كلٍّ من التمثال النصفى واللوحات التي تمثل واشنطن في أعمار متقدمة. وللتوثيق من هذا الأمر، قارنا نسخا رقمية ثنائية الأبعاد للوجوه في تلك اللوحات بالوجه الرقمي الثلاثي الأبعاد في التمثال النصفى. وأظهرت النسخ الرقمية اختلافا فاعليا، وكان لذلك مغزى فغالبا ما تُفقد الأسنان الخلفية أولا، والاستطالة السفلية البسيطة في وجه واشنطن عندما كان في الأربعين وفي السابعة والأربعين هي على الأرجح نتيجة وجود أسنان أمامية مع عظمها.

مستعينا باللوحات باعتبارها دليلا، استخدم «هانس» برنامجا لتحويل طول الوجه الرقمي ذي الثلاثة والخمسين عاما إلى طول يتناسب مع وجه أصغر عمرا. وقد لاحظت أن ذقن «واشنطن» في الأربعين وفي السابعة والأربعين كان أكثر تناظرا منه في التمثال النصفى أو في اللوحات التي تمثل أعمارا متقدمة، ولذا عدّلناها وفق المقتضى. ثمّ ضمّنا فك الجندي المعدّل إلى ما أصبح الآن وجها ذا أربعين عاما وضبطناها، وتوثقنا من الصورة بمقارنتها بالبيانات المستخلصة عن سماكة الجلد. ونظرا إلى أن ذا الخامسة والأربعين عاما يمتلك من العظم عادة على طول جنكه أكثر مما يمتلكه ذو الثلاثة والخمسين عاما، وجب أن تكون الزاوية في المؤخرة أقصل رسما وأخيرا، حصلنا على القسم السفلي من الوجه ذي الخامسة والأربعين عاما، فاستخدمته نموذجا للوجه ذي التسعة عشر عاما. وجعلت زاوية الفك أشد وضوحا في النسخة التي هي أصغر عمرا. أما ما يخص بقية ملامح الوجه، فقد خفّفْتُ أو محوْتُ التجاعيد وآثار الشيخوخة، وأضفت بعض الشحم إلى الوجنتين (فهو يُفقد مع

تقدم السن) وقصُرَت الأنف وصيوائِيّ الأذنين (لأن غضاريفهما تنمو طوال الحياة).

إن إنشاء الوجوه الثلاثة لا يعني انتهاء العملية، فالجلد الذي تحت الذقن وحول العنق يجب أن يُشدّ في الرأس ذي الخمسة والأربعين عاما، وأن يُشدّ أكثر في الرأس ذي التسعة عشر عاما وهكذا أصبحت الرؤوس جاهزة. وما علينا الآن إلا التشكيل الحديدي للأجسام وضمّ الرؤوس إليها رقميا.

تشكيل الجسم

بصوّر التمثال واللوحات هيئة لـ «واشنطن» تختلف إلى حد ما عما نتوقع رؤيته في سنية الذكّر في القرنين العشرين والحادي والعشرين. فقد اكتشفت أنه تماشيا مع تقاليد القرن الثامن عشر التي كانت شائعة بين الأسر الإنكليزية العريقة، أُلْبِسَ «واشنطن» مشدّا لخصره حتى بلوغه الخامسة من العمر. ولم أستطع الحصول على نموذج، أو حتى على وصف، لذلك المشد، لكنه يختلف حتما عن المشدّ الذي تستخدمه الفتيات والنساء لتضييق الخصر، فهو يجعل جسم الذكر يبدو كجسم راقص الباليه. إنه يشدّ الكتفين إلى الخلف، وينقح الصدر إلى الأمام، ويسطح المنطقة بين عظمتي الكتفين وتحتهما، مولّدا انحدارا طويلا من الرقبة في الجانبين: أما الانحناء الطبيعي للظهر السفلي نحو الوراء. فَيُزَاد لدفع البطن إلى الأمام (ووفقا لما علمته أيضا، كان «واشنطن» راقص حفلات بارعا. وفي الواقع، كان يحتفظ بملاحظات تفصيلية عن كل نوع من الرقصات). وعندما يتغير مسار النمو في جسم الصبي، فإن الشكل الجديد يبقى طوال الحياة، وهذا ما يفسر أن اللوحات التي تمثل النبلاء الإنكليز في القرن الثامن عشر. ومنهم أولئك الذين وقّعوا إعلان الاستقلال. تتضمن صورا مميزة لا تتضمنها اللوحات التي تمثل رجالا مرموقين في القرون اللاحقة.

إن طول «واشنطن» الفريد في أيامه، والذي يبلغ نحو ست أقدام وبوصتين (لا ست أقدام وثلاث بوصات ونصف، كما يقال أحيانا، فهذا على الأرجح طول تابوته) كان يُعدّ سببا لمهارته الفائقة. لا في الرقص فحسب، بل في الفروسية أيضا. فقد وُصِف بأنه كان يلف ساقيه الطويلتين بشدة حول بطن جواده عندما كان يبرز رفاقه في سباق الخيل. ووفقا لما اكتشفته، كان «واشنطن» يستطيع فعل ذلك، لا لأن ساقيه كانتا طويلتين فحسب، بل أيضا لأن كثيرا من سلالات الخيول التي كانت تربي في القرن الثامن عشر كانت أصغر حجما من معظم السلالات التي هُجِنَتْ خلال القرن التاسع عشر. وهناك سبب آخر، فقد تبين أنه يستند إلى وصف غير صحيح كُرّر كثيرا. يفترض أن «واشنطن» كان عريض الوركين، وهذا ما يفسر قدرته على الجلوس جيدا على سرج الحصان.

للحصول على معلومات أكثر دقة عن بنية جسم «واشنطن»، طلبت إلى القِيَمِينَ في ماونت قرونو أي مجموعة أشياء يمكن أن

إنهاء الوجه

حجمه وشكله. وحالما تمكّن فريق التشكيل الجديد من تحديد شكل الفك لسن الثالثة والخمسين، أضاف سنا وعظما لإعادة تشكيل الفكين اللذين أخذوا الشكل الذي كان لهما في أيام شباب «واشنطن».

وقرّ تاريخ أسنان «واشنطن» معلومات مهمة لإتمام التشكيل الجديد لرأسه وهو في الخامسة والأربعين وفي التاسعة عشرة. إن فقدان الأسنان يؤدي إلى فقدان العظم الذي يقلص ارتفاع الفك ويغيّر كثيرا



في السابعة والخمسين من العمر.



في الخامسة والأربعين من العمر



في التاسعة عشرة من العمر

بدووا يمسح فك حقيقي سليم (a) له نفس حجم فك واشنطن تقريبا، وأدخلوه رقمية في صورة التمثال النصفي الثلاثية الأبعاد. ثم عدّلوا الفك (b) بالحذف الرقمي لبعض العظم وجميع الأسنان عدا الضاحك الأيسر السفلي الثاني، وهي السن الوحيدة المتبقية في رأس واشنطن عندما كان في السابعة والخمسين من عمره. وأخيرا، أدخلوا رقمية طقم أسنان الرئيس في سطح الفك (c) وعدّلوا العظم والضاحك ليأخذا مكانهما. ثم أضافوا عظما إلى الفك (d) للتشكيل الجديد لبنية الوجه السفلي في الخامسة والأربعين وفي التاسعة عشرة.



نموذج رقمي للوجه من التمثال النصفي.

الفك العلوي، اعتمادا على نسخة من أحد أطعم أسنان «واشنطن».

الفك السفلي بعد تعديل فك حقيقي مشابه بحجمه لفك «واشنطن».



صورة رقمية لفك حقيقي مشابه في حجمه لفك «واشنطن».



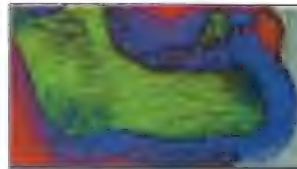
فك مهزّم aged رقميا.



أسنان موجودة بماونت ليرتون [صفيحتان رضاصيتان، أسنان حصان ويقرة في الأعلى، وأسنان إنسان في الأسفل]



أسنان ماونت ليرتون بنمذجة رقمية وموضوعة ضمن الفك المهزّم.



ضبط العظم في الفك المهزّم رقميا [الأخضر] ليتناسب مع سماكة النسيج الطري الذي كان بينه وبين الجلد. تملأ الخطوط الأرجوانية سماكة الجلد.

Williamsburg] حصلت على مقاسات ملابس «واشنطن» وقارنتها بالتمثال الذي صنعه «هودون».

لقد تبين أن هذه المقارنات كانت شديدة الأهمية عندما درست التمثال المقام في مبنى البرلمان الحكومي في ريتشموند بفيرجينيا فعندما اقتربت من التمثال أول مرة، لاحظت مباشرة أن واشنطن يبدو انحلي بكثير مما صورته الأوصاف واللوحات، وخصوصا عند الوركين. وبمساعدة «G. كوبر» و «S. فان نوت» [الذين يعملان في الشركة بريزم] قارنت طولي ذراعي وساقي التمثال والعرض بين كتفيه بالقياسات التي أخذتها من الملابس، وكانت النتيجة أنها

Finishing the Face (K)

يكون قد ارتداها، فنمط الملابس حينذاك كان من النوع الضيق الذي ينطبق على الجسم تماما، وبخاصة حول الجذع والوركين والساقين. لكن كان عليّ أن ألقص قائمة رغباتي سريعا، إذ لم تكن ثمة قبعات أو احذية أو جزم أو قفازات يمكن أن تزودنا بتفاصيل عن حجم وشكل الرأس واليدين والقدمين أما مجموعات الأشياء الموجودة في ماونت ليرتون ومتاحف أخرى، فتضمنت ملابس من الحقبة الممتدة من عام 1770 حتى عام 1790 (أي من منتصف عمره حتى أواخر حياته) فقد أمكن التوثيق من أن «واشنطن» ارتداها ولم تُعدّل بعد وفاته لتلائم أقاربه. وبمساعدة العين الخبيرة لـ «ج. بومغارتنر»، [القيّمة على الأقمشة في متحف المقاطعة Colonial

التشكيل الجديد للجسم

كان الأب المؤسس لأمريكا جوليلا ونحيفا ومفتول العضلات في التاسعة عشرة من عمره. وعندما نُصِب التمثال، الذي نراه هنا بالطول الكامل أول مرة، في ماونت فرنون في مطلع هذا العام، ألبس الزي الذي كان جواشنطن قد ارتداه عندما كان مساحا للحدود. وقد رُبط شعره البني، المائل إلى الحمرة، إلى الخلف على شكل ذيل حصان.



إن طول «جواشنطن» الأكثر دقة يأتي من التمثال الذي صنعه «هودون» في عام 1785 [البسار] والذي يُظهر الرئيس بطول لا يقل عن ست أقدام وبوصتين. أما اللوحات فهي أقل وثوقية؛ فاللوحة الشهيرة التي رسمها «ستيوارت» لـ «جواشنطن» بالطول الكامل [اليمن]، على سبيل المثال، تتضمن أشياء من «جواشنطن»، وأشياء من آخرين مثلود أمام «ستيوارت».



البس «جواشنطن»
مباشراً حتى الخامسة
من العمر تقريباً.
لشد الكتفين إلى
الخلف، ونفخ الصدر
إلى الأمام وتكوين
الحداد طوليل من
الرقبة إلى الكتفين.



تبيّن الملابس
الموجودة ضمن
مجموعة ماونت
فرنون أن «جواشنطن»
مع نخوله غير
العادي، كان أسمن
بقليل مما يصوره
التمثال.



تقدّم لوحات «ترينبل» المرسومة في عام 1797
دليلاً إضافياً على طول ساقَي «جواشنطن»
اللتين، وفق ما يقال، كان بإمكانه لقيهما
حول بطن حصانه. [يبدو «جواشنطن» على
حصان أسود في النصف الأيمن من الصورة].



في الخامسة والأربعين من العمر
[مستطفاً حصاناً]



في السابعة
والخمسين من العمر



في التاسعة عشرة من العمر

تماشياً مع الأعراف السائدة في القرن الثامن عشر، ألبس واشنطن مشدًا حتى بلغ الخامسة من العمر.

المجرأة، إلى الأجسام التي صنعت في الاستديو وسوف تُبنى الأجسام من الإسفنج الكثيف. وتغطي بالجص، وتبطن حيث تدعو الحاجة إلى محاكاة طراوة الجسد الحقيقي. لقد عملت مع النحات «س. وليامسون»، [المستشار لدى الاستديو EIS]. لإعطاء كل وجه تعبيراً مميزاً له قبل صنع قالب الصلصال الذي سيُستخدم في إنتاج نسخ من الشمع وقامت «س. داي»، [وهي رسامة تعمل مستشارة أيضاً في الاستديو]، بطلاء الوجوه الشمعية كي تبدو نابضة بالحياة إلى أبعد حد ممكن. جاعلة الجلد شاحباً والوجنتين ورديتين والعينين زرقاوين مائلتين إلى الرمادي، وفق وصف «جيلبرت ستيوارت» لـ «واشنطن». وسيُزرع شعر ضارب إلى الحمرة في الرأسين الأصغر عمراً، وسيُربط إلى الخلف على غرار ما كان عليه الشعر المستعار حينذاك. أما رأس السابعة والخمسين، فسيكون شعره مانلاً إلى الرمادي ليحاكي مظهره المزين بالمساحيق في مشهد تنصيبه رئيساً.

في الختام، أمل أن يعبر كلٌّ من هذه التماثيل الثلاثة لأبي هذه البلاد، عن بعض الحيوية والجانب الإنساني لشخص سيبقى، مع أهميته التاريخية، رمزاً ليس له صبغة معينة في نظر معظم الأمريكيين. ومن ناحية أخرى، فقد أسفر المشروع عن نتيجة مهمة أخرى، هي أن التعاون غير المسبوق بين مجالات أبحاث مختلفة وتطبيق تلك الأبحاث مكثاني، ومن تعاونت معهم، من تحقيق فتوح في صهر العلم والفن والتاريخ معا بطرائق كان من الصعب تخيلها حتى قبل سنوات قليلة.

المؤلف

JEFFREY H. SCHWARTZ

أستاذ في قسمي علم الأصول البشرية وتاريخ وعلوم بجامعة بيتسبورج، ويبحث مشارك في المنحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي ومتحف كارنيكي للتاريخ الطبيعي، وخبير في الأصول البشرية بكتب التحقيق الجنائي في مفاطعة ألكني ببنسلفانيا تشمل أبحاثه نظور الرئيسات البشرية وغير البشرية ونظورية النطور وعلم الأحياء التطوري وعلم تشكّل الهيكل العظمي المقارن وهو عضو في الأكاديمية العالمية للفنون والعلوم، ومؤلف لعشرة كتب وأكثر من 150 مقالة ومن أحدث منشورات: The Human Fossil Record, with Ian Tattersall (Wiley-Liss, 2002-2003). 2005) The Red Ape: Orangutans and Human Origins (Westview).

مراجع للاستزادة

George and Martha Washington: Portraits from the Presidential Years. Ellen G. Miles. Smithsonian Institution, National Portrait Gallery, 1999. Exhibition Web site: www.npg.si.edu/exh/gw/
His Excellency: George Washington. Joseph J. Ellis. Vintage, 2005.
1776. David McCullough. Simon & Schuster, 2005
Skeleton Keys: An Introduction to Human Skeletal Morphology, Development, and Analysis. Second revised edition. Jeffrey H. Schwartz. Oxford University Press (in press).
The Mount Vernon Web site: www.mountvernon.org

Scientific American, February 2006

متمائلة تقريباً، مع أن الملابس أشارت إلى شخص أضخم قليلاً مما يتلّاه التمثال لم يكن أضخم كثيراً، لكن بضعة سنتيمترات هنا أو هناك تمثل فرقاً وضبطاً شكل التمثال رقمياً وفق ذلك. وانطلاقاً منه، استطعت إعادة تركيب الأجسام ذات التسعة عشر عاماً، والخمسة والأربعين عاماً، والسبعة والخمسين عاماً، مسترشداً بالمعرفة العامة عن كيفية تغير الأجسام مع تقدم العمر، وبمعلومات معينة تخص واشنطن نفسه.

إن الوثائق التاريخية التي تنطوي على أن «واشنطن» كان هزيل البنية في سنواته الأخيرة، بسبب نوبات المرض وصعوبة تناول الطعام، تعزّز القياسات المأخوذة من الثياب. لذا رايت من المعقول أن استخدم جسم التمثال المعدل ليمثل شخص السابعة والخمسين، أما جسم الخامسة والأربعين، فقد تطلب نهجاً مختلفاً. إن لوحات «جيل الأب» لـ «واشنطن» في الأربعين وفي السابعة والأربعين تُري الجنرال ممثلاً حول البطن والوركين مقارنة بما تبينه اللوحات والملابس اللاحقة. وتسلط عن سبب سمته، ولا سيما أنه في السابعة والأربعين كان قد تحمّل مشقات الحرب، ومنها عناء الشتاء في وادي جورج. فقد كان ألم أسنانه خلال هذه السنوات متواصلاً إلى حد يمكن أن يكون قد دفعه إلى تغيير نظامه الغذائي وتناول طعام أكثر ليونة ودسماً على الأرجح (لقد بلغت معاناة واشنطن خلال حرب برنتون Trenton عام 1776، وكان حينذاك في الرابعة والأربعين، درجة جعلت طبيبه يكلف حداداً أن يصنع كماشية كي يتمكن من اقتلاع الضرس الذي يسبب له الإزعاج). وهكذا جعلت جسم الخامسة والأربعين أضخم، وبخاصة في الوسط. أما جسم التاسعة عشرة، حتى إن كان قد وصل إلى الطول النهائي للشخص البالغ، فإنه لا يكون قد نضج هرمونيا قد يكون قد اكتسب لياقة نتيجة صعوده التلال وفزوله عنها حاملاً معدات المساحة، ومع ذلك يمكن أن يكون نحيلاً وقوياً. وهذه هي الصورة التي ارتأت أن أرسماً لها.

أخيراً استطعنا وضع الرؤوس على الأجساد. وللقيام بذلك كان علينا أن نخطط الصورة الرقمية لكل رأس وجسم معاً. تعطي الصورة الرقمية نقاطاً من البيانات تتصل معاً لتشكل مثلثات، لذا كان العمل أشبه بحل أحجية الصورة المجرأة، وذلك بضم آلاف المضلعات الصغيرة معاً. بعدئذ أرسلنا البيانات الرقمية إلى الشركة Kreysler and Associates في كاليفورنيا الشمالية لاستخدامها في صنع ثلاثة رؤوس مختلفة لـ «واشنطن» من الإسفنج البلاستيكي الكثيف.

ونقلت هذه الرؤوس إلى الاستديو Studio EIS في مدينة نيويورك، حيث صُنعت قوالب لها بهدف تشكيلها من الصلصال وفي النهاية، سوف تُضمّ الرؤوس. اعتماداً على الصورة الرقمية

انقضااض جديد على

ڤيروس الایڊز^(*)

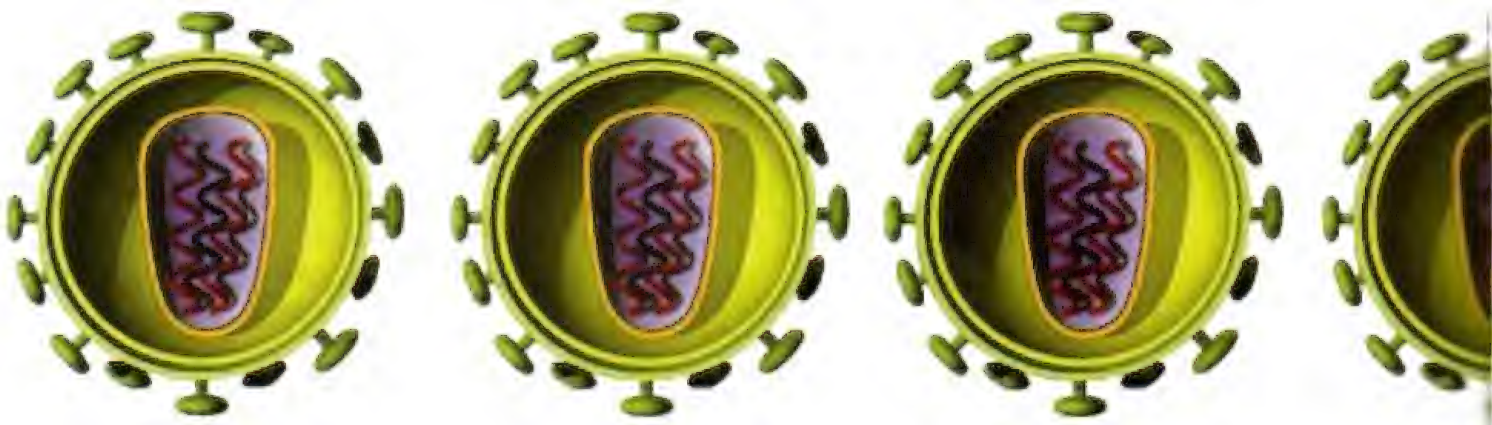
إن الأبحاث المتواصلة، التي أجريت حول مواطن الضعف في ڤيروس HIV (ڤيروس الایڊز)، طرحت أفكارا عن صنف جديد تماما من الأدوية العلاجية.

«G. ستیکس»

ينفق حقل علم ڤيروسات virology قسطا وافرا من موارده في استقصاء كل خطوة من الخطوات البالغة الدقة في دورة حياة ڤيروس العوز المناعي البشري (الایڊز) HIV، بدءا بارتباطه بأحدى الخلايا المناعية ولوجه داخلها، ومزورا بتنسخه فيها، وانتهاء بانطلاق ڤيروسات جديدة من الخلايا المضيفة باحثة عن خلايا جديدة تفترسها. وقد جرى ابتكار أحدث صنف مهم من الأدوية المضادة للڤيروس HIV قبل نحو عقد من الزمن مع إدخال مثبطات إنزيم البروتياز protease inhibitors، وهي أدوية توقف عمل أحد الإنزيمات المهمة في المرحلة الأخيرة من تنسخ ڤيروس.

لقد تساءل بعض أعضاء فرق الأبحاث التي تدرس ڤيروس HIV عما إذا كان توسع مثبطات إنزيم البروتياز أن تكون أساسا يُعتمد عليه في مداواة الایڊز. إلا أن ما يتسم به ڤيروس من مكر أضاع ذلك الأمل. فقد تبين في إحدى الدراسات أن ما يقرب من نصف

ANEW ASSAULT ON HIV. (١٠)



تأثيرا كيميائيا أقوى ويقول «أولاً» [رئيس العاملين في الشركة باناكوس] إذا كان لحمض البيتيولينك فعالية مضادة للفيروس HIV على المستوى الميكرومولي micromolar. فإن لهذا المركب المشتق منه فعالية على المستوى النانومولي nanomolar. وقبل ستة أعوام حولت الشركة بوسطن بيومبيديكا وحدة الأبحاث حول الفيروس HIV إلى الشركة باناكوس التي بدأت منذ ذلك الوقت استقصاءاتها عن حمض البيتيولينك، الذي أطلق عليه حينذاك اسم PA-457. ولم يكن المركب PA-457 مجرد مثيل جديد للتاكسول Taxol الذي هو دواء مضاد للسرطان تطلب الحصول عليه إتلاف أشجار الطقسوس yew، النادرة، وكان ذلك أمرا مثيرا للجدل قبل العثور على بديل له نصف تخليقي ولم تكن الشركة باناكوس بحاجة إلى مصدر دائم للأعشاب التايوانية: إذ كان من الممكن استخلاص حمض البيتيولينك من أشجار الدلب plane والبتولا birch الوفيرة: كما لا يتطلب الحصول على الجزيء المطلوب سوى خطوة عملية تصنيع لاحقة ومع أن الباحثين أدركوا مابدا من أن للمركب PA-457 فعالية مضادة لجميع ذراري الفيروس HIV، فقد كان عليهم أن يتعرفوا كيفية عمل المركب المشتق من حمض البيتيولينك المضاد للفيروس على المستوى الجزيئي molecular. وكان مطلب الشركة الحصول على صنف جديد من الأدوية، وليس الحصول على مركب آخر من مثبطات الفيروس فحسب. ولهذا اتصلت الشركة باناكوس بالمختبر فريد Freed في المعاهد الوطنية للصحة، الذي يقوم بدراسات حول دورة حياة هذا الفيروس.

Looking for leads (٢٠)

إنزيم البروتياز تشن هجومها المباشر على إنزيم البروتياز في الفيروس HIV فتحول بينه وبين القيام بعمله على البروتين الفيروسي الذي يدعى GAG. وحينما تنقطع البروتينات GAG بشكل ملائم تتصافر القطع الناتجة لتشكل النواة المخروطية الواقية، أو القفصية capsid التي تحتضن الرنا داخلها. وفي المقابل، إن مثبطات النضج التي يعمل فريق الشركة باناكوس على تطويرها، تحصر أحد المواقع على البروتين GAG، وهو الموقع الذي يرتبط به إنزيم البروتياز في الحالة السوية، لمنع هذا الإنزيم من قضم البروتينات GAG على نحو صحيح. ونتيجة لذلك لا تتشكل القفصية بشكل سوي، كما لا يتمكن الفيروس من إصابة خلية أخرى بالعدوى

البحث عن دلالات

منذ منتصف التسعينات بدأ السير في طريق البحث عن الأدوية المرشحة لتكون ضمن اهتمامات فريق الشركة باناكوس، وذلك حينما تعاوت الشركة بوسطن بيومبيديكا مع أساذ من جامعة كارولينا الشمالية [في شابل هيل] للتحري عن المركبات التي استخلصت من مجموعة أعشاب صينية تقليدية بحثا عن فعالية كيميائية حيوية مضادة للفيروس HIV، وعندها أثارت مختبرات H.K. لي الانتباه إلى أن أحد الأدوية المحتملة في إحدى الأعشاب التايوانية سيحتل موقعا متقدما. وكان لهذا المركب، وهو حمض البيتيولينك berulinic acid، فعالية ضعيفة مضادة للفيروس HIV. وبعد أن استفرد الباحثون في المختبر من هذا المركب مكوناته الكيميائية، وجدوا أن التعديل الكيميائي لأحد هذه المكونات يكسبه

المرضى الإيجابيي الفيروس HIV، الذين يعانون في الولايات المتحدة الأمريكية، مصابون بالعدوى بفيروسات مقاومة لواحد على الأقل من أدوية النظام العلاجي الذي يتلقونه. إن بإمكان الأطباء اختيار دواء من بين عشرين من المستحضرات الصيدلانية المثبطات لإنزيم البروتياز، ومن صنفين من الأدوية التي تمنع الفيروس المهاجم من نسخ ما فيه من رنا RNA إلى دنا DNA، مسببة بذلك إفساد التنسخ الفيروسي. أما إعطاء توليفة من هذه الأدوية فيؤدي إلى معاكسة القدرة المتأصلة لدى الفيروس على التطفر. ولكن تلك الاستراتيجية لا تأخذ بالاعتبار دائما المقاومة للأدوية، ومن بينها المقاومة للأدوية المثبطة لإنزيم البروتياز. ويؤكد <E>، فريد <E> [وهو أحد الباحثين في برنامج مقاومة الفيروس HIV للأدوية في المعاهد الوطنية (الأمريكية) للصحة]، بقوله: «إذا أخذنا المقاومة المتزايدة لمثبطات إنزيم البروتياز في الحسبان، فإن تعرف طرق جديدة للتدخل في دورة التنسخ الفيروسي يصبح أمرا بالغ الأهمية.»

وفي الوقت الحالي تمر الأدوية، التي تعترض بداية سيرورة الفيروسات ووسطها ونهايتها ضمن العائل، بمراحل مختلفة من الابتكار والإعداد. ويستطعم الباحثون الأكاديميون والباحثون في الشركة باناكوس، [وهي مؤسسة صغيرة متخصصة في التقنية الحيوية في ووترتون بماساتشوستس] ما تحققه الأدوية المثبطة لإنزيم البروتياز من نجاحات، لايتكار أدوية مرشحة للنجاح أيضا أطلقوا عليها اسم مثبطات النضج maturation inhibitors، تعمل على إحصار إنزيم البروتياز بطريقة جديدة. إن مثبطات

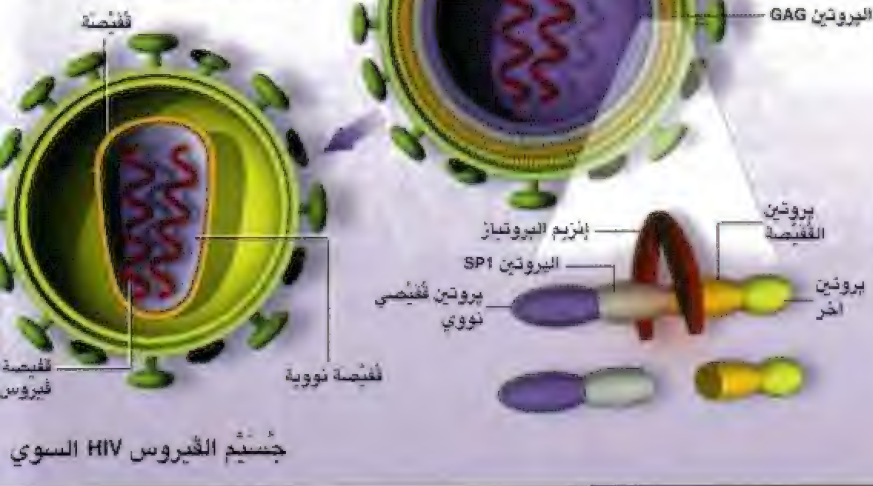
استراتيجية جديدة لعلاج الفيروس HIV^(١)

تشكل مثبطات النضج صنفًا جديدًا من الأدوية المضادة للفيروس HIV التي لا تزال قيد الدراسة. وتهاجم هذه الأدوية الفيروس في مرحلة متأخرة من دورة حياته عندما تتجمع مكونات الفيروس الحديثة التشكل

النضج السوي للفيروس HIV

ما إن يبرز الجسم الكامل للفيروس HIV - مغلف بغلاف مصنوع من غشاء الخلايا الثانية وعارض بروتينات فيروسية على سطحه - حتى يتعين على إنزيمات البروتياز الفيروسية أن تقطع جزيئات من البروتين GAG لتشكيل بروتينات أخرى أصغر [التفصيل في أسفل اليمين].

تتحد بروتينات الغليصة لتشكيل التواء المخروطية التي تغلف مع الغليصة النووية الداخلية الجينات الفيروسية ونضمن توضعها الملائم، وتتكون الجينات الفيروسية من جزيئين من الرنا الوحيد الطاق single-stranded.



جسيم الفيروس HIV السوي

الباحثون فيه من فعالية الدواء لدى مرضى يتناولونه مدة عشرة أيام ومقارنتها بمجموعة أخرى تعطي دواءً غُفلاً placebo. إن الفيروس HIV يتنسخ بسرعة كبيرة إلى درجة تجعل من الممكن اعتماد دراسة قصيرة الأمد لتقرير ما إذا كان الدواء يهاجم العامل المسبب للمرض داخل الجسم. وقد تناقصت المستويات الفيروسية بمقدار 92 في المئة لدى تناول الجرعة الأعلى من الدواء ومقدارها 200 مليغرام وكانت الدراسة تهدف إلى تحقيق نقص يعادل 70 في المئة على الأقل فيما يدعى الحمل الفيروسي viral load، كإشارة بدنية إلى فعالية الدواء. إلا أن بعض المرضى مع ذلك لم يستجيبوا للدواء، وستقرر الشركة في الطور التالي من

Cultivation of Resistance (-)
A Novel Treatment Strategy for HIV (١٠٠)

للفيروس HIV فحسب. من خلال التدخل بالإنزيمات. فإن لهذا الدواء ميزة فريدة يوضحها «أولاي» بقوله: «إن استهداف الركيزة substrate [بدلاً من الإنزيم] لم يكن أمراً معروفاً من قبل، بل كان أمراً مثيراً للدهشة ونتيجة لذلك، نعتقد أننا سنحظى بموقع قوي للحصول على براءة اختراع». إن زرع ذراع مقاومة لا يعني بالضرورة أن الدواء سيكون ذا مدى عمر life span علاجي محدود. وفي الحقيقة إن المقاومة تجاه الدواء PA-457 لن تتطور بسرعة، لأن الموقع الذي يرتبط به على البروتين GAG لا تغيره الطفرات سريعاً من إحدى ذراري الفيروس HIV إلى أخرى.

لقد مر الدواء PA-457 قبل الآن عبر الطور المتوسط من دراسة سريرية (إكلينيكية)، وهو الطور الذي يتحقق

وقد استقر رأي فريق المختبر فريد

والشركة باناكوس على أن الدواء يعمل في مرحلة متأخرة من عملية التنسخ الفيروسي. وبدا واضحاً أن هذا يتم في مرحلة تشكيل الغليصة. وكان الباحثون حينذاك يعرفون أن قُفُصَة الفيروس HIV تتشكل حين ارتباط البروتينات GAG الحديثة التكوين داخل الخلية النائية T cell لدى العائل بغشاء الخلية. وعندما تنقطع بتأثير إنزيم بروتياز الفيروس HIV إلى قطع أصغر حجماً. وقد عرف العاملون في مجموعة المختبر فريد والشركة باناكوس أيضاً، من خلال ابتكارهم للأدوية المثبطة للبروتينات، أن أي اختلال في عملية تصنيع البروتينات GAG سيجعل الفيروس غير معدٍ وهكذا بدؤوا بدراسة التأثير بين المركب PA-457 وبين البروتينات GAG للوصول إلى معرفة دقيقة عن كيفية قيام المركب PA-457 بتقطيع البروتينات GAG إلى أجزائها الضرورية

تنمية المقاومة

لكي يفهم العلماء كيف يعمل مركب ما، فابهم بدورين غالباً بإنشاء المقاومة: الأمر الذي يمكنهم من معرفة الموقع الدقيق الذي يتأثر فيه الدواء مع الموضع المستهدف وابتغاء تطوير المقاومة أعطى «فريد» وزملائه جرعات منخفضة من المركب PA-457 لخلايا نائية مصابة في المستنبتات بالفيروس HIV. وتم بعدئذ الحصول على سلسلة جينوم (مجين) genome الفيروسات المقاومة ومقارنتها بسلسلة الفيروس التي خضعت للمعالجة بالدواء PA-457 وأدى التحليل إلى معرفة الموقع الذي تغير في الفيروسات المتشكلة حديثاً والمقاومة للدواء PA-457، واتضح أن هذا الموقع موجود على البروتينات GAG في المكان الذي يرتبط به إنزيم البروتياز. وهذا التغير هو الذي حال دون إحصار الدواء PA-457 لفعالية الإنزيم ولدى تحليل الذراري المقاومة تيقن الباحثون أن الدواء PA-457 لم يكن مجرد مثبط آخر من مثبطات إنزيم البروتياز. ففي حين تعمل معظم الأدوية، وليس المثبطة

فرعية) subunits القفصية بعضها إلى بعض لتشكيل الغلاف النهائي ويقول «P» بريفيليج» [الأستاذ في قسم علم الأحياء، المجهرية بجامعة ألاباما]. «نحن نحاول أن نشوؤ الأجزاء كي تجعلها غير متلائمة بعضها مع بعض»

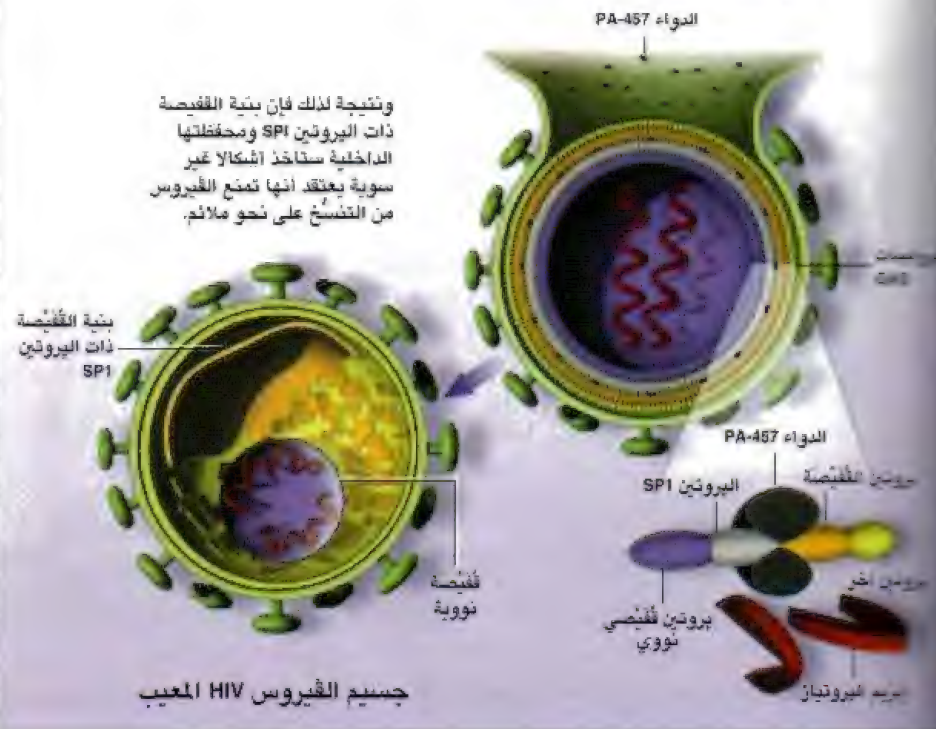
واحداً لربنا وحيد الطاق، سيستمر في
مراوغة أفضل الأفكار التي يطرحها علماء
البيولوجيا الجزيئية ■

مراجع للاستزادة

The Discovery of a Class of Novel HIV-1 Maturation Inhibitors and Their Potential in the Therapy of HIV. Donglei Yu et al. in *Expert Opinion on Investigational Drugs*, Vol. 14, No. 6, pages 681-693, June 2005

الفيروس المعالج

يعمل الدواء المرشح PA-457 بواسطة ارتباطه بالبروتين GAG ومنع إنزيم البروتياز من فصل بروتينات الغلاف عن البروتينات SP1 المجاورة لها في البروتينات GAG [انظر التفاصيل].



الباحثون، حين تطويرهم أدوية جديدة مضادة للفيروس HIV. هذه التأثيرات الإلغى وقت متأخر من سيرورة التجربة السريرية. وإذا ما سارت الأمور جميعها وفق الخطة الموضوعة لها، فسيكون بمقدور الشركة باتاكوس التقدم بطلبها إلى إدارة الغذاء والدواء للحصول على الموافقة النهائية بحلول عام 2008.

حوافظ أخرى لعدم النضج^{١١}

ومع أن الدواء PA-457 هو أكثر مثبطات
النضج إحراراً للتقدم نحو الاستثمار التجاري
فإنه ليس المثال الوحيد على مثبطات النضج.
ففي كل من جامعة ألاباما وجامعة ميريلاند
كشف الباحثون الذين كانوا يعملون مستقلين
من الجامعتين، جزيئات عضوية صغيرة يمكنها
الحيلولة دون انضمام وُحُيدات (وحدات

الاختبار فيما إذا كان بمقدورها إعطاء جرعات أعلى ويقول «M.J. جاكوبسون» رئيس قسم الأمراض المعدية في كلية الطب بجامعة دريكسل، والباحث الرئيسي في الاختبارات السريرية: «إن الرسالة الأساسية هي أننا بصدد دواء فعال، ويجب علينا المضى قدماً بالتحاّث».

وفي الجولة القادمة سيدرس الباحثون التأثيرات المتبادلة بين الدواء PA-457 وبين غيره من الأدوية، وهو اختبار ضروري في جميع الأدوية المرشحة المضادة للفيروس HIV: إذ لا توجد معالجة تقتصر على إعطاء دواء وحيد، نظرا لما يحمله ذلك من تهديدات ظهور المقاومة. وفي الوقت الراهن تشجع إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) إجراء هذه الاختبارات في مرحلة مبكرة من التجارب السريرية. وفي بعض الأحيان لم يكتشف

حماية تتعدى عالم الحيوان

غالباً ما تؤدي اختبارات السلامة الفائقة الدقة
إلى فائدة غير متوقعة تقلل من معاناة الحيوان.

Dr. M. A. كولبيرك - T10 هارتوك



يُضحي سنوياً بملايين الحيوانات في اختبارات السمية الروتينية، ويمكن أن تسبب البرامج المستقبلية زيادة كبيرة في هذه الأرقام. لقد وضعت وكالة حماية البيئة EPA قائمة أولية لنحو ثمانين ألف مادة كيميائية، يجب أن تجمع حولها معلومات السلامة الأساسية إضافة إلى ذلك فهي تطمح إلى المطالبة بمبادرة لحماية صحة الطفل Children's Health Initiative وذلك بفحص الظواهر المرافقة، مثل التأثيرات الطويلة الأمد لتعرض الأجنة للمادة الكيميائية. في حين ركزت جهود أخرى لوكالة حماية البيئة على العواقب العصبية للتعرض للرصاص وللزئبق وللسموم المشابهة الأخرى في الإنجاب والنمو أو التنامي وعبر المحيط الأطلسي سوف يقوم برنامج التسجيل والتقييم والترخيص للكيميائيات Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals (المسمى اختصاراً REACH) بتقييم سلامة ثلاثين ألف مادة كيميائية منتجة أو متاجر بها في أوروبا بما يزيد على طن متري واحد (1000 طن) سنوياً. وفي عام 2001 قام مجلس الأبحاث الطبية البريطاني بحساب تكلفة هذا البرنامج لوحده والتي تقدر بنحو 11.5 بليون دولار ويتطلب مدة تصل إلى 40 عاماً وإلى استخدام ما يزيد على 13 مليون

خلال عدة أشهر من عام 1999، كانت الأرائب المزرعية الأقدام وذات الأذان الكبيرة العريضة والعيون الحزينة. تطارد مرشح الرئاسة «أ. كور» أثناء حملته الانتخابية وتعود جريمة «كور» [نائب الرئيس] إلى أنه سبب معاناة أو نفوق نحو مليون حيوان نتيجة مبادرته لإطلاق برنامج الاختبارات السمية الكيميائية. ويعتقد معظم المراقبين أن هذا البرنامج جاء متأخراً جداً

قبل عامين من ذلك كانت المجموعة التي تدعى حالياً حماية البيئة، قد استنتجت أن هناك معلومات كافية مؤكدة حول سلامة نحو ربع المئة ألف فقط من المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال، وأن كلا من وكالة حماية البيئة ومجموعة التجارة المعروفة حالياً بالمجلس الكيميائي الأمريكي، كانتا قد وافقتا على ذلك لقد دعا «كور» جميع الجهات المهتمة بالموضوع - الفعاليات البيئية، المنظمون والمصنعون - إلى المبادرة ببدء برنامج لإنجاز اختبارات السلامة الدنيا على 2800 مادة كيميائية تنتجها الولايات المتحدة الأمريكية أو تستوردها بأكثر من مليون رطل (باوند) في العام الواحد. ويمكن الاطلاع على هذه المعلومات، التي تم الحصول عليها على موقع عام في شبكة الويب web. لقد أكد الأرب العملاق على الحقيقة الأساسية التالية:

PROTECTING MORE THAN ANIMALS 101

طالبت مجموعة صغيرة من العلماء تنتشر حول العالم ولعدة عقود بإيجاد طرق لحل الصراع بين السلامة والرفق بالحيوان.

العديد من العلماء وادّعوا أنهم مدفوعون بشعور عاطفي مفرط تجاه الحيوانات، وعلى الرغم من ذلك فقد وجد علم البدائل للاختبار على الحيوان نقطة تلاقٍ ضيقة بين الرفق بالحيوان والعلم الدقيق يبدل هذا الحقل الطرائق التي يتم فيها تطوير المواد الكيميائية والمنتجات البيولوجية واختبار سلامتها

اختزال، تحسين، استبدال

تتفاوت المتطلبات المشروعة للاختبارات بشكل كبير حول العالم. ففي الاتحاد الأوروبي، على سبيل المثال، لم يعد بالإمكان منذ عام 2003 بيع أية مادة تجميلية في منتج نهائي أو أي من مكوناتها يجري اختبارها على الحيوانات، في حال وجود بدائل معتمدة. ويجب أن يصبح تحريم إجراء الاختبارات على مكونات المواد التجميلية على الحيوانات مطبقاً في عام 2009. وفي المقابل، فإن إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)، التي تنظم المواد التجميلية في الولايات المتحدة الأمريكية، تطلب فقط توافر بيانات سلامة معينة، ويزداد تأكيد هذه المتطلبات بعد تسويق هذه المواد وبمرور الوقت. طورت إدارة الغذاء والدواء إرشاداتها في التعامل مع الشكاوى المتعلقة بالسلامة: يتعلق هذا المطلب، بشكل خاص، باختبار درايز العيني Draize eye test المثير للجدل ويتطلب البروتوكول في هذا الاختبار، وضع المادة في عيون الأرانب البيضاء لقياس التفاعل المحدث

إن كلا من وكالة حماية البيئة (EPA) ونظرائها الأوروبيين، من جهة أخرى، يحددون المنهج اللازم لتقييم المادة الكيميائية الزراعية. فاختبار مبيد حشري واحد يتطلب سنين على الأقل ونحو عشرة آلاف حيوان من أنواع مختلفة يقرر العلماء أولاً فيما إذا كانت المادة الكيميائية تمتص من خلال الجلد، أو أنها يمكن أن تستنشق، أو فيما إذا كانت تترك أثراً في المحاصيل الغذائية، والتي يمكن بذلك أن تدخل الجسم في كل من هذه المسالك، هناك حاجة إلى الإجابة عن أسئلة مختلفة - على سبيل المثال، الفترة التي يمكن أن يتعرض لها أحد الأشخاص، ما هي كمية المادة التي يمكن أن يمتصها الجسم، وكيف يمكن لها أن تتوزع فيه، وذلك لأجل كل فرد وفي أعمار مختلفة، بما في ذلك الأجنة.

إذا لم يدخل المنتج إلى المجرى الدموي، يتجه قلق الباحثين فقط نحو عواقب التطبيق الموضعي للمادة الكيميائية أما إذا كان المركب يمكن امتصاصه إلى المجرى الدموي، عندها يجب

حيوان وإجمالاً، تتقرب البرامج الحالية استخدام مئات الملايين من الحيوانات وعشرات البلايين من الدولارات لتحديد سلامة المواد الموجودة في الأسواق فقط. وفي كل عام تضيف الصناعة إلى قائمة اختراعاتها الآلاف من المواد الكيميائية.

قام باحثان من مجموعتنا [ينتميان إلى جماعة صغيرة من علماء ينتشرون حول العالم في نطاق الصناعة والجامعات والحكومات] بالمطالبة لعقود بإيجاد طرق لحل الصراع بين السلامة والرفق بالحيوان. يوفر لنا برنامج «كور» فرصة لتوضيح تحذيرنا وبناء على طلب حماية البيئة Environmental Defense، دعا أحد الباحثين [وهو الذي ينتمي إلى مجموعتنا «كولديبرك»] باحثين آخرين [من جامعة جون هوبكنز وجامعة كارنيغي وجامعة بيتسبرغ] إلى استقصاء كيف يمكن لبرنامج «كور» أن ينجز أهدافه بأقل عدد من الحيوانات

كان البرنامج يتضمن جمع أقل كمية ممكنة من المعلومات، تسمى مجموعة مسح بيانات المعلومات التي أوصت بها منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) لتقييم الخطر الكامن في المواد الكيميائية. تتطلب حاشدة battery الاختبارات هذه بشكل نموذجي 430 حيواناً لكل مادة كيميائية. ولحسن الحظ، تقبل المنظمة OECD - التي تطالب بتنسيق القواعد العلمية وغيرها لثلاثين بلداً صناعياً، من ضمنها الولايات المتحدة الأمريكية - بروتوكولات مبتكرة محددة لحاشدة مجموعة البيانات، والتي تتطلب عدداً أقل من الحيوانات. استطاع الخبراء باستخدام إرشادات المنظمة وأيضاً باستخدام بعض البروتوكولات المعادة التصميم، استخلاص نتائج متعددة من اختبارات مفردة، وقد بينا أنه يمكن إنقاص عدد الحيوانات نحو 80% - أي إلى 86 حيواناً - دون فقد للمعلومات

تم الطعن طويلاً في الأبحاث المجراة على الحيوانات من قبل ناشطين، وذلك للاعتذار عن هذه الأبحاث. وقد استهزأ بهم

نظرة إجمالية/ علم السموم الجديد

- عادة ما يستهلك اختبار سلامة المواد المنزلية والزراعية وغيرها من المواد الكيميائية كما هي حال المنتجات الطبية ملايين عديدة من الحيوانات كل عام في إعداد البروتوكولات التي غالباً ما تكون مؤلمة جداً.
- الطرائق الجديدة - التي تشمل استنبات الخلايا والنسج، وهي تصور غير عدواني أو إحصائيات سهلة - والمعاناة المشمولة بها، تقلل كثيراً الحاجة إلى الاختبار على الحيوان.
- علم السموم الجديد هو علم أكثر دقة ويعتمد على أدلة علمية ويمكن له أن يوفر الزمن والمال.

Overview: The New Toxicology (x)
Reduction, Refinement, Replacement (x)

(البدائل) علم جديد ينضج

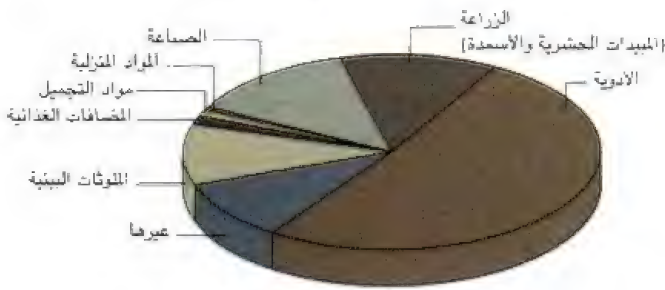
البدائل	اختبارات السلامة التقليدية	
استبدلت الصناعة الاختبارات جريئاً بنحارب في المختبر وفي السيليكون وافقت المنظمة OECD على المقارنة في المختبر <i>in vitro</i> من أجل الامتصاص الجلدي	حركية السم <i>toxicokinetic</i> تقيس امتصاص وتوزيع واستقلاب وإخراج المادة الكيميائية. تُعدّ الحيوانات بالمادة الكيميائية التي تُجمع منها عينات الدم والبول والبراز ويعدّها تقتل الحيوانات لإيجاد 100% من المركب الاصل ومستقبلاته في أعضاء الأجهزة في الجسم	
قلبت المنظمة OECD ببدائل لأجل التآكل والسمية الضوئية والتحسس وهناك تقدم في دراسات المصادقة من المركز الأوروبي ECVAM من أجل التهاب الجلد والعين والتفاعلات الأرجية والسمية الضوئية	علم السموم الموضعي <i>topical toxicology</i> يقيم تأثيرات المادة الكيميائية في الجلد والعيون. وأحياناً في الأغشية المخاطية الفموية المهبلية يوضع المركب على الغشاء ثم يفحص الاحمرار والتقرح والتآكل	
رهضت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD على استراتيجية الحاجة إلى ستة عشر حيواناً في المتوسط بطور المركز ECVAM استراتيجية ICVAM لا يستعمل فيها أي حيوان. تفحص اللجنة ICVAM والمركز ECVAM سوية المقارنة في المختبر لتحديد الجرعة الأولية لدراسة الجرعة المميتة LD ₅₀ . لنصف حيوانات التجربة التي يمكن أن تختزل عدد الحيوانات إلى ستة لكل مادة كيميائية	السمية المجموعية أو الجملية الحادة <i>acute systemic toxicity</i> تحدد تأثيرات تناول مادة مرة واحدة أو لعدة مرات خلال 24 ساعة، مع نوال في القياس خلال 14 يوماً. وتشمل الجرعة امتيعة الكلاسيكية لنصف حيوانات التحرية LD ₅₀ تقديم جرعات مختلفة من المادة لست أو سبع مجموعات من الحيوانات لتحديد الجرعة المتوسطة اللازمة لقتل نصف حيوانات المجموعة. إنها تتطلب بشكل نمطي 140 حيواناً	
لم يصادق رسمياً على أي اختصار تتحسن المقاربات المستعملة لقياس وظائف خلوية معينة وخصوبة جينات كثيرة. وكذلك دراسات نوعية مؤيدة للحيوان. متضمنة التصوير MRI والمسح الطبقي الحوري (PET) والفوتونيات الحيوية <i>biophotonics</i>	سحبة تكرار الجرعة والسحبة المزمنة <i>repeat Dose/ chronic toxicity</i> هي اختبارات تقيس قصور عضو الجهاز عن أجزائه وظيفته الطبيعية تحت التأثير المستمر لمادة كيميائية. وهناك العديد من الطرائق المطبقة على الحيوان في قيد الاستعمال. إنها تتطلب تقديم جرعات إضافية عديدة إلى العضوية وتقييم الخصوبة	
تطبق في الصناعة دراسات غير مؤيدة على حيوانات كاملة. وهناك كثير من المقاربات في المختبر صادق المركز ECVAM على ثلاث طرائق لسمية الأجنة. وهناك طرق أخرى الآن في طور ما قبل المصادقة	السمية على النضج والسمية على النكاح <i>developmental/reproduction toxicity</i> تقيس تأثيرات التعرض للمادة الكيميائية في المراحل وفي الميوض. وفي تطور الأجنة وفاسلة الإنجاب. وكذلك أية تأثيرات متأخرة بعد البلوغ. عولجت إناث حيوانات بمركب. وفيسست خصوبة النوك وتقيس اختبارات مشابهة على الذكور صحة الذكر النوالدية	
وهناك العديد من المختبرات تستعمل مقاييسات إيمز للطفرات البكتيرية Ames Bacterial Mutagenesis Assay وغيرها من الاختبارات في المختبر. التي ترافق التحفيز في المختبرات أو في الحلية. وما زال هناك العديد من دراسات مصادقة المركز ECVAM في طريقة للإنجاز	العوامل المسرطنة / العوامل المتطفرة <i>carcinogenesis/mutagenesis</i> تقيس دراسات إمكان مركب ما لإنتاج أورام نظرياً تعرض الحيوانات طوال حياتها للمركب. وتقوم الأورام النانحة. وفي الواقع إن الدراسات على الحيوانات مادية نسبت تكلفتها العالية	
قبلت كل من ألمانيا والسويد اختبار بيض السمك لأجل الدقيق <i>effluent</i> وصادق المركز ECVAM على استراتيجية لاختزال استخدام الأسماك إلى 60%	علم السموم البيئي <i>ecotoxicology</i> يقيس التأثيرات البيئية للمادة الكيميائية. ولكونها حديثة نسبياً بدأت هذه الدراسات باستعمال بدائل أهداف، مثل الأسماك والطحالب وبراعيئ الماء	
ويستعمل لأجل البيروحيات اختبار دم واحد (ALA)، ونحدر مصادقة مقاييس جديدة للسيوتوكين <i>cytokine</i> وقام المركز ECVAM بمصادقة تقانات إحصائية لتفحص عدد الحيوانات ولتحسين درجة إتقان المعالجة خلال فترة اختبار اللقاح	الاختبارات البيولوجية <i>biological testins</i> تقيس موعية اللقاحات وغيرها من الأدوية ذات المنشأ البيولوجي وتتحرى عن التلوث بواسطة بيفانات الميكروبات المسببة للحصى (pyrogens) عادة ما يعطى اللقاح أو الدواء إلى مجموعة من الحيوانات ويُدخل المرض المستهدف إلى هذه المجموعة وإلى مجموعة غيرها. غير محصية. لمقارنة المرض الناتج	

OECD = منظمة للتعاون الاقتصادي والتنمية

ECVAM = المركز الأوروبي للمصادقة على الطرائق البديلة

ICVAM = لجنة تنسيق بين الوكالات للمصادقة على الطرائق البديلة

استعمال الحيوانات في اختبار المنتجات



استعمال الحيوانات في اختبار المواد الكيميائية



بتغير عدد الحيوانات اللازمة لأجل غايات اختبار مختلفة بشكل واسع. وبشكل غير دقيق فإن نصف الحيوانات المستخدمة في اختبار المنتج يكون لأجل مراقبة نوعية المنتجات الطبية مثل اللقاحات (المخطط في الأعلى). وتحديد سمية المادة الكيميائية (المخطط في الأسفل) يتطلب عددا كبيرا من الاختبارات العالية النوعية، ومنها السمية الحادة - الناتجة من التناول العرضي لكمية كبيرة من المادة - التي تستهلك نسبة مرتفعة من الحيوانات. إن البيانات في كلا المخططين تخص الخمس عشرة دولة الاعضاء في المفوضية الأوروبية لعام 2002، التي استعملت 10.7 مليون حيوان في ذلك العام. ولا تتوافر تحاليل مشابهة في الولايات المتحدة الأمريكية.

يأتي المجربون تدريجيا لمشاهدة نتائج هذا الاختبار (عذرا عن التلاعب بالالفاظ) حتى يتم قتل جميع الحيوانات وإرضاء المزيد من البروتوكولات العصرية. ومنذ عام 1989 سمحت إحصائية معقولة بالحصول على الجرعة LD₅₀ باستخدام 45 حيوانا. والآن تقبل المنظمة OECD بالبروتوكول الذي يقيس الجرعة المميتة باستخدام 16 حيوانا في المتوسط. وهناك دراسة انتهت مؤخرا عبر المحيط تعدد بمزيد من الاختزال لعدد حيوانات التجربة إلى نحو ستة حيوانات لكل مادة.

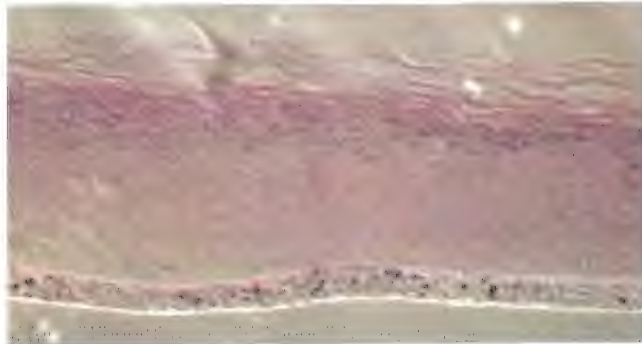
وفي مثال آخر، يمكن أن تكشف تقانات التصوير غير المؤتية والمألوفة في الطب السريري - أشعة أكس x-rays، الرنين النووي المغناطيسي nuclear magnetic resonance والإصدار البوزيتروني المقطعي positron-emission tomography - عن الفوارق الكبيرة بين حالات طبيعية وحالات مصابة من أعضاء الحيوان وهذه التقانات تسمح للباحثين بمتابعة حيوان

قخص آثاره واثار كافة مستقلباته في الأعضاء المختلفة. في الإجراء المعياري يقوم الباحثون بإطعام المادة للجردان وللغتران وللكلاب أو لأي حيوان ثديي آخر طوال فترة حياته، ويُراقب حدوث خلل في العمل الوظيفي لأعضاء مختلفة أو تشكّل السرطانات وغيرها من الاعتلالات في الجسم. كما أنهم يلاحظون مجموعة أنسال هذه الحيوانات طوال حياتها. يمكن إدراج اختبارات أكثر استهدافا في هذا النظام أو يمكن إجراؤها بشكل منفصل.

وفي الحقيقة، لقد كشف ممثلونش أو مندوبون من تسع شركات متعددة الجنسيات لـ «كولديبيركن» عن أن جميع الشركات تستعمل الاختبارات على أطباق البتري (أطباق دائرية صغيرة تستخدم لزراعة الجراثيم) أو على حيوانات غير ثديية، عادة ما تشمل الأسماك أو الديدان، ليقرروا فيما إذا كانت المادة الكيميائية آمنة بشكل كاف لإنتاجها. عندها فقط يقومون بإنتاج الدراسات - الإطعام طوال الحياة - وذلك لإرضاء المحامين لدى الشركات والوكالات النظامية، يبين الجدول في الصفحة المقابلة الحاشدة الكاملة للاختبارات على الحيوانات المطلوبة بشكل عام لتقييم سلامة المادة الكيميائية أو الدواء. يُطالب المنظّمون الحكوميون، بشدة نوعا ما، بإجراء اختبارات تقليدية على الحيوانات لأن بعضا من أفضل البدائل يُعد أسراراً صناعية، وأيضا لأنهم يثقون بالاختبارات على الحيوانات، التي قامت، بشكل كبير، بوقاية العامة في الماضي.

وفي الفترة الأخيرة فقط صار المنظّمون أكثر انفتاحا لاحترام البدائل. ويعود تاريخ مفهوم البدائل إلى عام 1959، عندما قرر «W» روسيل و«R» بورشر [من اتحاد الرفق بالحيوان Animal Welfare في جامعات المملكة المتحدة] اعتماد «ثلاثية RS» - الاختزال، التحسين، الاستبدال - بمعنى اختزال معاناة الحيوانات المرافقة لكثير من الدراسات ولا يمكن للبدائل أن تكون مناسبة تماما تجاه واحد أو أكثر من ثلاثية RS، ولكنها تبقى دلائل مفيدة.

يعني الاختزال (الإنقاص) reduction تصميم تجارب تمكّن من إعطاء معلومات كافية بأقل عدد من الحيوانات على سبيل المثال، تقاس اختبارات السمية الجهازية الحادة العواقب، كما لوحظ خلال 14 يوما، بإعطاء المادة مرة واحدة إلى عدة مرات خلال 24 ساعة. لقد كان القياس الأكثر قبولا للسمية الحادة هو الجرعة المميتة لنصف حيوانات التجربة، أو ما يسمى «LD». وهي كمية المادة اللازمة لقتل نصف حيوانات الاختبار ولتحديد الجرعة المميتة، يقوم المجربون بحقن أو بإطعام كمية محددة مسبقا من المادة الكيميائية لكل حيوان في مجموعة مكونة من 10 حيوانات ذكور و 10 حيوانات إناث. وباستخدام ست أو سبع مجموعات متشابهة، تعطى كل منها جرعة مختلفة، ثم يتم إحصاء الحيوانات النافقة.



يمكن أن يعوض الجلد الصناعي مكان الجلد المخلوق من ظهر الأرنب الحية في اختبارات التآكل للمواد المختلفة. وهذا «الجلد» التجاري أخضع للماء (في الأعلى) وللقلوي (في الأسفل) لثلاث دقائق.

الخلوي وببساطة فإن تأثير المادة الكيميائية في عدد كبير من الجينات (بوصة واحدة إلى اثنين من الشبيبات الخاصة بسمك الزرد تحتوي على 9000 جينة) يسمح للباحثين بمعرفة أي جينة قامت المادة الكيميائية بتنشيطها.

والأحدث من ذلك، بدأت بعض الشركات باستعمال شبيبات من الجينات البشرية، متضمنة تلك التي تخص جينات، يعتقد بأنها تضبط الاستجابة الخلوية السمية تمثل هذه التقنية، التي ستصل إلى الذروة في المستقبل - لأن فهم رسالة الشبيبة يبقى تحديا كبيرا - لمعظم مميزات الاستبدال.

البديل الثالث¹¹

الاستبدال يعني التخلص الكلي من استخدام كامل الحيوانات في الاختبار وتدين معظم أمثال هذه البدائل بوجودها إلى التقدم المجتمعي الهائل نحو تقانات رخيصة، سريعة وفعالة، أكثر من البحث عن الرفق بالحيوان في الجوهر. على سبيل المثال، معظم تحاليل الهرمونات - مثل اختبار الحمل، التي اعتمدت في السابق على طرائق عافها الزمن مستخدمة حيوانات حية - تُنجز اليوم بوسائل بديلة (مادة كيميائية أو مناعية)

ومن الأمثلة المبكرة للاستبدال، كان الاكتشاف الاتفاقية في السبعينات لاختبار بديل عن اختبار المحميات (البيروجينات) من قبل «H فاكنر» [من جامعة جون هوبكنز] ويجري هذا الاختبار

The Third R 101

مفرد خلال دورة التجربة كبديل للإجراء التقليدي مبتدئين بمجموعة من الحيوانات ويقتل حيوان واحد من كل مجموعة في كل مرحلة لتحديد حالة الكبد. ويسمح مثل هذا التصوير بمراقبة أفضل للبيانات ويختزل أيضا الحيوانات المستخدمة في مثل هذه الاختبارات بنسبة تصل إلى 80%

وثمة المزيد من أنواع التصوير المستقبلية، الفوتوني الحيوي biophotonics، المطورة من قبل كل من R.P> كنتساك و H.Ch> كنتاك [من جامعة ساندفورد]، تصبح أكثر إتقانا في عالم التحسين: تصميم تجارب تتطلب معاناة أقل للحيوانات. لقد أضاف الباحثون جينة (مورثة) لإنزيم اللوسيفيراز luciferase enzyme، على سبيل المثال، إلى خلية سرطانية وأدخلت الخلية إلى الحيوان. يمنح الإنزيم القابلة لإنتاج «يراعة» ضوء، مؤكداً أن الخلية السرطانية وجميع بناتها تنوهج. ويتم قياسها بسهولة بمعدات خاصة، حيث تسمح الفوتونات للباحثين بمراقبة النمو السرطاني تحت تأثير مادة كيميائية وعوامل صيدلانية مختلفة - وتشخيصه المبكر قبل أن تطور الحيوانات أوراما قابلة للجس. يزيل هذا الإجراء الألم والإزعاج حقا، ويمكن أن يتم تبنيه لدراسة تنوع واسع من الأمراض في مراحلها الأولية.

ثمّة تقنية تحسين قيمة أخرى، مفيدة بشكل خاص في اختبار اللقاح. متضمنة تحديد «نقطة للشفقة أو الرحمة الحدية» humane end point، وبذلك تُنهي الدراسة المؤلمة حالما يتم جمع البيانات المرتبطة بها. على سبيل المثال، إذا انخفضت حرارة جسم الحيوان تحت نقطة معينة، فإنها لا تعوض عندها يمكن إيقاف الاختبار بدون ضياع للبيانات لإبقاء المخلوق على قيد الحياة على طول الجرعات. إذا لقح حيوان ضد داء الكلب وأعدى (خُج) هذا الحيوان بالفيروس يبدأ بالدوران، والذي هو علامة أكيدة على فشل اللقاح، ويمكن من حيث الرفق بالحيوان قتله، أو تركه لساعات يصارع الموت. والأفضل بشكل أكيد، في هذه الأيام قيام التقنيين باختبار فعالية العديد من اللقاحات فقط بفحص مستوى الأضداد antibodies بعد إعداء (إخماج) الحيوان، بدلا من انتظار ظهور علامات صريحة للمرض. ويتضمن التحسين أيضا استخدام الأدوية والمخدرات لتخفيف الألم والضائقة.

حتى الآن يمكن لصنف آخر من التحسين أن يستعمل أنواعا أدنى في السلم التطوري كبداية، اعتقادا بأنها ستكون أقل معاناة. فخلال السنوات القليلة الماضية، أصبحت أسماك الزرد zebra fish والديدان المسماة Caenorhabditis elegans شائعة للملاحظة تنامي الجهاز العصبي تحت تأثير الكيميائيات وفي كل من هذين النوعين، أثبت العلماء وظيفة جميع الجينات الأولية: إذا سببت مادة كيميائية تنشيط الجينة أو تثبيطها، فإنه يعلم الباحثون أثر التبدل في إنتاج الهرمونات والاستقلاب

ربما تكون البدائل النهائية «في السيليكون»: أي نماذج حاسوبية لجمل أعضاء متأثرة من أجل تقفي فعل الأدوية.



تحرر كريات الدم البيضاء بروتينات تدعى السيتوكينات cytokines بوجود البكتيريا المسببة للحمى. والاختبار البسيط لكشف السيتوكينات في دم المرضى يسمح بالكشف عن مثل هذه البكتيريا «البيروجينية». مستبدلين الاختبار على الأرنب والبدائل الأقدم.

فقط التهيج ولكن أيضا التغيرات البنيوية الدقيقة.

في الواقع. يمكن للباحثين حاليا القيام باستنبات انواع كثيرة من الخلايا البشرية من الجلد والرئة والعين والعضلات والأغشية المخاطية وغيرها من الأعضاء. حتى أن الأكثر إثارة إمكان إعادة بنیان النسيج - تراكيب ثلاثية الأبعاد لخلايا خاصة مستنبطة على جملة داعمة. إضافة إلى العين، فقد جرت زراعة نسيج صناعية تحاكي الجلد والرئة والسبيل المعدي المعوي وبطانات الفم والمهبل لقد تم تبني ذلك في الصناعة بشكل واسع، واستعملت بديلا عن الحيوانات في عدد كبير من الاختبارات (مع ذلك، بقيت الحاجة بشكل عملي إلى مستنبات ثلاثية الأبعاد لأعضاء مثل الكبد)

من الأهمية بمكان اغتنام الفرصة التي تتيحها الزراعات النسيجية والخلاوية للباحثين لفهم الآلية البيولوجية لتأثير المادة الكيميائية. بصورة لم تكن ممكنة قط باستخدام كامل الحيوان حاليا يمكن للمستقصرين إيجاد طريقة في المختبر (في الزجاج) in vitro لإطلاق سلسلة من العمليات الكيميائية الحيوية بواسطة المادة الكيميائية. وفي المستقبل، يمكن أن تسمح مثل هذه الدراسات للعلماء بالتنبؤ بالنتائج الوظيفية - مثل تبدلات الجينات وتغيرات نمو الخلية. وغيرها - الناجمة عن تعرض الخلية في الجسم البشري لمادة كيميائية. والأبعد من ذلك، يمكن أن تحاكي نسيج عديدة مستنبطة في حجرة مفردة (جملة طورث أخيرا بواسطة بحث AP في بالتيمور)

لفحص ملوثات بكتيرية مسببة للحمى بواسطة حقن مادة في أرانب وأخذ درجة حرارتها بعد 24 ساعة. استخدم «فاكنر» نظائر مشعة قصيرة العمر جدا تستعمل كوسيلة لتصوير تشخيصي عند الإنسان، وثمة ضرورة لتأكيد خلوها من التوكسينات (الذيفانات) البكتيرية - ولكن النظائر المشعة تصبح غير فعالة بمرور الزمن اللازم للاختبار على الأرنب الذي يزودنا بالنتائج عَرَف «فاكنر» أن «F» بانك» [في جامعة جون هوبكنز أيضا] أظهر أن الدم اللمفي (الدم بشكل خاص) في سرطان نعل الفرس يتفاعل مع معظم التوكسينات البكتيرية بطريقة قابلة للتنبؤ والقياس. منحت وكالة الغذاء والدواء الأمريكية FDA الإذن سريعا لاستعمال هذا الاختبار على السرطان المسمى Limulu amoebocyte lysate، أو LAL للكشف عن البيروجينات

أكثر حداثة، كشف «A» فينديل» [من جامعة كونستانس Constance بألمانيا] وأحد باحثينا (هارنوك) عن أنه يمكن التحري عن الذيفانات البكتيرية بخواصها المحرصة لكريات الدم البيضاء في الدم البشري لتحرير البروتينات المسماة السيتوكينات، والتي يقوم بعضها بالإشارة إلى الدماغ لإحداث الحمى. هذا التحري البسيط عن السيتوكينات في الدم البشري يظهر وجود جميع الذيفانات ذات العلاقة، متجاوزا العديد من القيود للاختبار LAL.

لقد تركز إيجاد بدائل معينة للاختبارات (مثل اختبار درايز Drize test، المؤلم جدا للأرانب. لأن العين من الأعضاء الحساسة) على السعي للرفق بالحيوان. وقبل عقد من الزمن بدأ بعض العلماء بإنجاز الاختبار على كرات عين طازجة من المسالخ بدلا من التطبيق على الأرانب الحية. وعلى الرغم من تحسين طرائق التخدير، فإن البدائل أرالت الألم أيضا وذلك بالحد من استخدام المزيد من الحيوانات. وفي ألمانيا، غالبا ما يستخدم الغشاء الرقيق الذي يفصل مع البيض عن الأح كبديل عن القرنية في هذه الاختبارات

في الثمانينات مؤل مركز جون هوبكنز لأجل البدائل عن الاختبار على الحيوان الذي أداره «كولدبيرگ»، بحثا يتعلق بكيفية تقييم تأثير كيميائيات مختلفة في زراعات نسيجية ثنائية البعد من خلايا القرنية البشرية (حملة مبكرة ضد اختبار عين درايز لمجموعة الأرانب، قادتها رابطة مواد التجميل ومساحيق الزينة والمعطرات لإيجاد المركز، وهو قسم من مدرسة يلومبيرك) واعتمادا على جزء من هذه الدراسات، ينتج العديد من الشركات اليوم نسجا ثلاثية الأبعاد تحاكي بدقة السطح الخارجي للعين البشرية - سامحة بذلك للمجربين بتحري ليس



اليوم 4



اليوم 11



اليوم 21



اليوم 28

طويلة من أن يتطور في الحيوان ورم قابل للجس (غير مرئي). مثل هذه التقنيات تمكن الباحثين من القيام بفحص التأثيرات التجريبية للأدوية بطرائق رحيمة.

الفوتونات الحيوية biophotonics: إن استخدام فوتونات الضوء لكشف التغيرات البيولوجية وقياسها في الحيوانات الحية، يظهر تقدم السرطان في القار. يصبح السرطان مرئياً (المساحات الملونة) قبل مدة

الوكالات الحكومية في الولايات المتحدة الأمريكية مهتمة بالعلوم البشرية، فقد أنفقت أقل من 10 ملايين دولار خلال العقد الماضي للمصادقة على البدائل من أجل الاستعمال المنتظم وفي المقابل، أنفق الاتحاد الأوروبي أكثر من 300 مليون دولار في الفترة نفسها على طرائق بديلة وعلى دراسات المصادقة، وقد استثمر أعضاء حكومات الاتحاد الأوروبي بشكل مستقل الملايين - ألمانيا لوحدها تجاوزت 100 مليون دولار - في البحث عن البدائل (مع ذلك، يتعين على كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي إنفاق عدة ملايين عديدة من الدولارات على الأبحاث التي قد تقود يوماً ما إلى البدائل).

يجب أن يتم التحقق من فعالية أي بديل جديد قبل أن تقبل به الوكالات النظامية وفي الولايات المتحدة الأمريكية شُكِّلت لجنة للتنسيق بين الوكالات للمصادقة على الطرائق البديلة وهي Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods (ICCVAM) ضمت مندوبين أو ممثلين عن 15 وكالة، عيّنت هيئات المستشارين من الخبراء المستقلين لمراجعة الأدبيات المتوفرة، متضمنة البروتوكولات المرسلة بواسطة الشركات، لتقييم مصداقية الاختيار، واعتماداً على تفويضهم المنتظم، تقرر كل وكالة عندئذ بشكل مستقل فيما إذا كانت تقبل الاختبار أو لا منذ البداية في عام 1997، تم تقييم 16 طريقة بديلة، ست منها تم تبنيها بواسطة السلطات النظامية، في حين تكلفت الأخرى إجراء التحسينات اللازمة، وفي الماضي، كان الاختبار المبرهن عليه يتطلب عقداً من الزمن أو أكثر ليصبح قابلاً للتبني، ولكن منذ تشكيل

Convincing Shoptics (1-)

معقد التأثيرات كاستحالة مادة كيميائية إلى أخرى بوساطة الفعالية الاستقلالية للعضو، والتي يمكن أن تؤثر بالتالي في أعضاء أخرى هذه التطورات، وإن تكن في مراحل نموها الأولى، لها الفضل في التخلي عن الحيوانات في دراسات الديناميكية (الحركية) السمية toxicodynamics سلسلة الحوادث التي بوساطتها تنتشر المادة الكيميائية وتُستقلب وتُطرح.

ربما لا تكون البدائل النهائية في المختبر كما هي «في السيليكون» بدأت الصناعة الصيدلانية باستعمال نماذج حاسوبية لجملة أعضاء متأثرة لدراسة مفعول الأدوية يفقد كل من C₁₀ دي لي زي» [من جامعة بوسطن] وغيره، الدعم لأجل مشروع الإنسان الافتراضي، مغامرة مستقبلية في الحوسبة المنتشرة أو التوزيعية بشكل مشابه لمشروع الجينوم البشري. يمكن للإنسان الافتراضي أن يحاكي في المستقبل الاستجابة البشرية لوطاة الضغوط البيولوجية، والفيزيائية والكيميائية، متجنبين الحاجة إلى دراسات على الحيوانات.

شكوك مقنعة

من ناحية أخرى، يبقى حالياً اكتشاف بدائل جديدة عملية غير محددة إن عملية إيجاد رؤوس الأموال من أجل الأبحاث المنفذة بشكل خاص على البدائل هو أمر صعب، على الأقل في الولايات المتحدة الأمريكية فبرنامج علم السموم الوطني، الذي ينسق جميع برامج اختبارات السمية في الحكومة الفدرالية مع المعاهد الوطنية لعلوم الصحة البيئية، يُعد ميزانية الحكومة لدعم البدائل وعلى الرغم من كون

اللجنة ICCVAM تم اختزال هذا التأخير بشكل كبير.

بداية وفي أوروبا كانت مصادقة البدائل مشابهة في مفهومها وتعقيدها للتجارب السريرية (الإكلينيكية) وفقط لكون التجارب السريرية شاهدا معتمدا وتحتاج إلى شرح دقيق (صارم) على أن الدواء فعال، يجب على تجارب المصادقية validation أن تبرهن على أن الاختبار البديل يؤدي عمله الذي صُمم من أجله لقد اكتسب مفهوم المصادقية العلمية إجماعا عالميا واسعا في ورشة عمل المنظمة OECD بسولنا/ السويد، في عام 1996 واستنادا إلى ما يسمى عبادئ سولنا، اعتمد المركز الأوروبي لمصادقة الطرائق البديلة (المركز ECVAM وكذلك اللجنة ICCVAM) مجموعة دراسات «ما قبل المصادقة» لتقييم فعالية البدائل وتسوية خلافات الخلل في بروتوكولاتها في أوروبا، إذا نجح الاختبار، عادة ما يواجه المركز ECVAM لاعتماده في العديد من المختبرات في دول مختلفة، كل منها يتناول مجموعة كبيرة من المواد المؤكدة لاختبار البديل. وغالبا ما تقيم المختبرات في وقت واحد العديد من فعاليات البدائل للاختبار المعطى على الحيوانات ويحكم كيان مكون من نحو 35 عالما يمثلون دول الاتحاد الأعضاء الـ 25 من المفوضية الأوروبية واتحاد الأكاديميين والصناعة ومجموعات الرفق بالحيوان، على نتائج التجارب؛ وتحضر اللجنة ICCVAM كمراقب. وإذا ما برهن بديل ما على أنه معيار معول عليه للخواص ذات الصلة بهذه المواد وأن نتائج مصادقة وقابلة للتكرار في المختبرات، تعلن اللجنة رسميا المصادقة عليه.

وفي تجارب المصادقة الأخيرة، على سبيل المثال، احتاجت عشرة مختبرات إلى ثلاث سنوات لدراسة ستة بدائل لاختبار المحميات (البيروجينات)، لتحري قابليتها في إيجاد المواد المسببة للحُمى من 190 عينة غير مسوقة. وصلت خمسة اختبارات إلى مرحلة المراجعة، وهي حاليا قيد التحرير للتطبيق. ومنذ بداية تأسيسه في عام 1991، صادق المركز ECVAM تماما على 17 بديلا، تسعة بدائل إضافية هي في المرحلة الأخيرة من المراجعة؛ و25 بديلا آخر قيد التجارب أو التحاليل الأخيرة، ويجب على البديل أن يستعمل في أوروبا فور المصادقة عليه وفق القانون، ولكن عمليا فإن تأخير استعماله لعدة سنوات مازال شائعا وعندما يصبح المنظمون الأوروبيون أكثر اعتيادا على الطرائق الجديدة فإنهم سوف يتقبلونها بسرعة أكبر.

في أوائل التسعينيات واجهت محاولات البدائل عقبات كبيرة عندما قشلت ست تجارب مصادقة كبيرة لبدائل اختبار عين درايز وكانت الحصى مربكة، حيث إن بعض البدائل استعملت في صناعة المواد التجميلية بدون مشكلات واضحة. وبمراجعة بيانات أخرى، نفهم الآن لماذا تفشل البدائل: تمت مقارنة نتائج البدائل بتلك النتائج الخاصة باختبار درايز نفسه، الذي أعطى العديد من الإجابات الخاطئة يقوم حاليا كل من اللجنة ICCVAM والمركز ECVAM مجتمعين بمراجعة المعلومات المتوافرة عن اختبار درايز وبدائله.

يمكن أن تشكل الدراسة أساسا لعبارة المصادقية أو، إذا كان ضروريا، لتجربة مصادقة أخرى لبدائل درايز. وفي هذا الوقت نحن واثقون من تحقيق النجاح

بعد إخفاق حملة «كور» الانتخابية واشتداد حمية الانتقاد لشروع الأرناب، أدى الأمر إلى مجازة مناسبة: قيام أعداء الحيوانات المحتملين أو المفترضين بالعمل على إنقاذها. يمكن للبدائل المستنبطة بوساطة العلم، إذا نفذت كاملة، أن تنقص استخدام الحيوانات بشكل كبير وقد اتفق تقييم كل من الأكاديميات والصناعة، على سبيل المثال، على أنه يمكن للبدائل الموجودة خفض عدد الحيوانات التي يحتاج إليها البرنامج REACH الأوروبي إلى 70%، وينطبق الأمر ذاته على الأرجح على قائمة أفضلية EPA. والأكثر واقعية، يمكن للبدائل حفظ الملايين وربما البلايين من الدولارات واختصار السنوات، إذا لم تكن العقود منها، من جداول برامج الاختبارات وبينما يقدم إلينا المزيد من البيانات الدقيقة والوثيقة الصلة بالموضوع يستطيع العلم الجديد عندئذ أن يحمي بصورة أفضل ليس فقط المخلوقات التي وجدت للمساعدة ولكن أيضا البقية منا نحن البشر. ■

المؤلفان

Alan M. Goldberg - Thomas Hartung

عالمان بالسموم، تأثرا بمعاناة الحيوان ودافعا عن الحاجة إلى البدائل. حصل «كولدبيرك» على الدكتوراه في علم الأدوية من جامعة مينيسوتا، وهو أستاذ علم السموم في جامعة جونز هوبكنز، حيث يدير مركزا للبدائل عن اختبار الحيوان. قام بتأليف سلسلة كتب عن الطرائق البديلة في علم السموم *Alternative Methods in Toxicology*، كما عمل لدى العديد من الحكومات وغيرها من اللجان، ومنح عدة جوائز، آخرها من جمعية علم السموم ومن جهته، حصل «هارتونك» على الدكتوراه في الكيمياء الحيوية للدوائية من جامعة كونسنانس بألمانيا وعلى شهادة اختصاص عليا في علم السموم من جامعة تويننك. وعمل رئيسا تنفيذيا لمركز Steinberg's Technology Transfer Center ويشغل حاليا منصب رئيس المركز الأوروبي للمصادقة على طرائق البدائل ولد «كولدبيرك» ترتيبات استشارية مع Xenogen Reduction Corporation في Alameda، California، وتم ترخيص بديل «هارتونك» لمقاييس البيروجينات من قبل مجموعة غير ربحية لمختبرات Charles River Laboratories بمقاطعة ماساتشوستس

مراجع للاستزادة

Animals and Alternatives in Testing: History, Science, and Ethics. Joanne Zurlo, Deborah Rudacille and Alan M. Goldberg. Mary Ann Liebert, 1994.

Trends in Animal Research. Madhusree Mukerjee in *Scientific American*, Vol. 276, No. 2, pages 86-93; February 1997

To 3R Is Humane. Alan M. Goldberg and Paul A. Locke in *Environmental Forum*, pages 19-26; July/August 2004.

Altweb Alternatives to Animal Testing: <http://altweb.jhsph.edu>

European Center for the Validation of Alternative Methods: <http://ecvam.jrc.cec.eu.int/index.htm>

Scientific American, January 2006

المصادر الخفية لألسنة اللهب الشمسية⁽¹⁾

بدأت الأرصاد الحديثة تكشف النقاب عن مسببات
الانفجارات الهائلة في جو الشمس⁽²⁾.

D. G. هولان

تطلق الانفجارات
المفاجئة في الغلاف
الجوي للشمس طاقة
تعادل بلايين القنابل
الذرية في غضون
بضع دقائق. الدافع
لذلك هو إعادة تشكيل
مفاجئ للحقول
المغناطيسية للشمس
التي تنفوس نحو
الأعلى منطلقة من
سطح الشمس، والتي
يمكن إقفاء أثرها عن
طريق الغاز المتوهج
الذي تحويه.

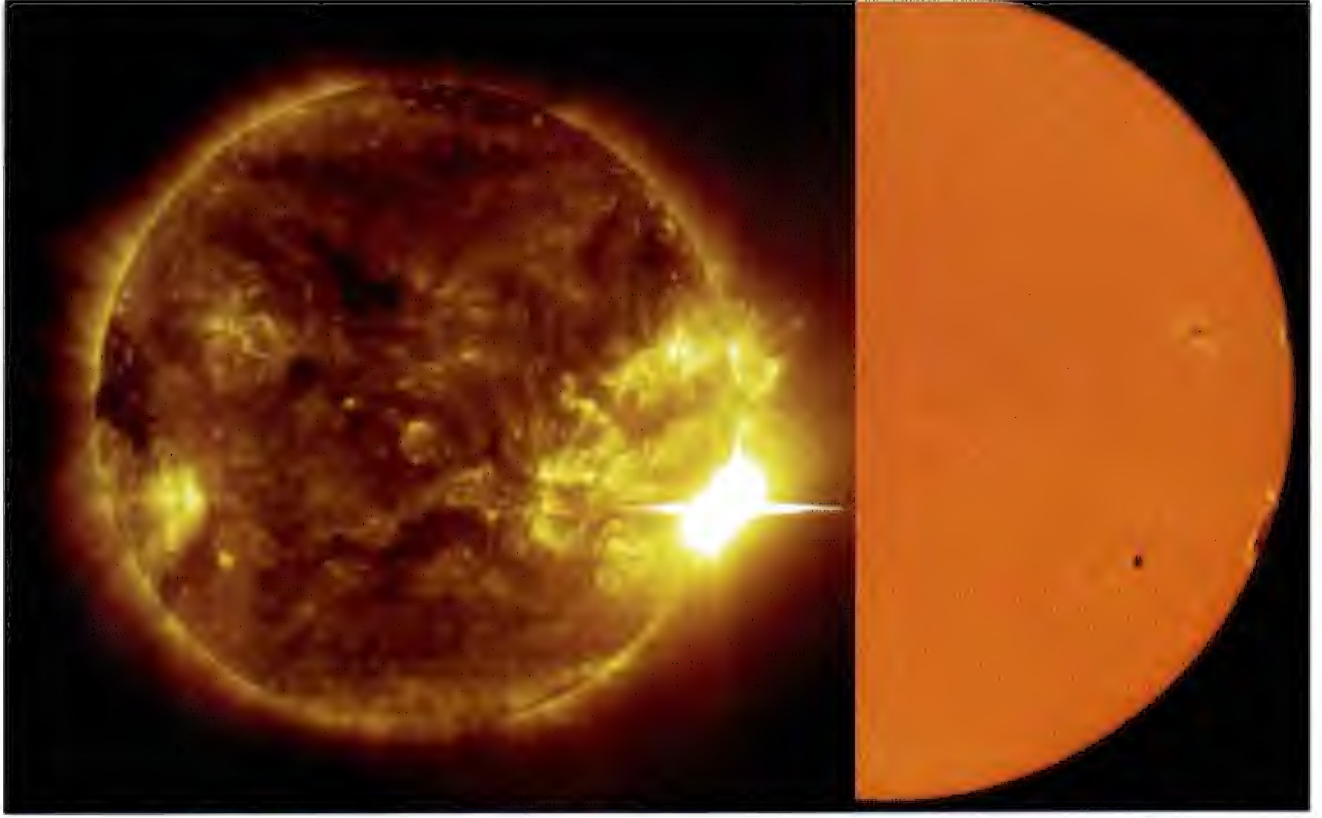
ولحسن الحظ، فإن الحقل المغناطيسي والغلاف الجوي للأرض
يحميان معظم الناس، حتى من أسوأ العواصف الشمسية، إلا أن
الاعتماد المتزايد للمجتمع على التقنية يجعل الجميع تقريباً عرضة
للمخاطر، بدرجة أو بأخرى. [انظر: «عنف العواصف الفضائية»،
العلوم، العددان 3/2 (2002)، ص 60] وتأتي أكبر الأضرار احتمالاً
أثناء انطلاق لسان لهب شمسي كبير من المادة المندفعة بسرعة من
الغلاف الجوي الخارجي للشمس. وتُعرف هذه المادة في
مصطلحات فيزيائي الفضاء⁽³⁾ بالمقذوفات الإكليلية للمادة coronal
mass ejections. تُرسل بعض هذه الانبثاقات كميات هائلة من
الغازات المتأينة في مسار تصادمي مع الأرض. كما حدث في أكثر
من واحد من السنة اللهب الهائلة التي وقعت عام 2003

في أواخر الشهر 2003/10 وأوائل الشهر 2003/11 شهد العلماء
بعض أكبر السنة اللهب الشمسية⁽⁴⁾ التي رُصدت على الإطلاق. لقد بدت
هذه التدفقات الضخمة للجسيمات المشحونة واضحة من الأرض وبالقرب
منها - أي على بعد نحو 150 مليون كيلومتر من المصدر وعلى سبيل
المثال، كان وابل الجسيمات الذي وصل إلى الفضاء المجاور للأرض
كثيفاً، أحياناً، إلى درجة أدت إلى إيقاف مؤقت لكثير من السواقل
(الأقمار الصناعية) العلمية وسواقل الاتصالات عن العمل. وأصيب قليل
منها بأضرار دائمة. كذلك فقد تعرض رواد الفضاء، على متن المحطة
الفضائية الدولية⁽⁵⁾ للخطر. واضطروا إلى اللجوء إلى وحدة خدمات
المحطة المحصنة جيداً نسبياً. أما قريباً من الأرض، فقد عدلت مسارات
الطائرات للابتعاد عن خطوط العرض العالية، حيث يواجه الطيارون في
مثل هذه الظروف مشكلات في الاتصالات اللاسلكية، ويتعرض الركاب
والملاحون لمستويات عالية مقلقة من الأشعة. هذا وقد روقبت شبكات
الكهرباء بعناية تفادياً للاعطال. وعلى الرغم من هذه الجهود، حرم
خمسون ألفاً من سكان جنوب السويد من التيار الكهربائي مدة وجيزة.

THE MYSTERIOUS ORIGINS OF SOLAR FLARES

solar flares (1)
space physics (2)

atmosphere (3)
International Space Station (4)



لسان لهب فائق الشدة يثور بالقرب من حافة الشمس في 2003/11/4. لقد عُثر وميض أشعته كاشف الإشعاع فوق البنفسجي المتطرف extreme-ultraviolet detector الموجود على متن المرصد Solar and Heliospheric Observatory، مخلفاً في الصورة خطاً أفقياً زائفاً (في اليسار). وكما هي الحال في أحداث مماثلة أخرى، فإن بقعة شمسية (موقع حقول مغناطيسية شديدة جداً) كانت موجودة قريباً من هذا الموضع.

المثال، لسبب كون السماء مشرقة في يوماً ما وممطرة في اليوم التالي وفي المقابل فإن السنة اللهب الشمسية ومظاهر أخرى «لطقس الفضاء» space weather تتضمن تفاعل كل من الحقول المغناطيسية والغازات الساخنة بدرجة كافية تجعلها في حالة متأينة (أي عندما تُجرد ذرات العناصر من إلكتروناتها). لا يمكن رؤية هذه التفاعلات بطريقة مباشرة، وقد يكون تصويرها مخادعاً حتى للمتخصصين وترجع الفكرة الأساسية إلى كيفية إنتاج السنة اللهب الشمسية من هذه المتغيرات (أي عملية إعادة الربط المغناطيسي magnetic reconnection) إلى الخمسينات والستينات من القرن العشرين. إلا أن الدلائل الرصدية المؤيدة لها كانت بطيئة الورد لدرجة أن بعض فيزيائيي الفضاء بدأت تراودهم الشكوك في جدارة النظرية

إجمالاً. يتفق العلماء على أن الطاقة المحررة أثناء انبثاق لهب شمسي يجب أن تكون مختزنة أولاً في الحقل المغناطيسي للشمس يأتي هذا التكهن من حقيقة أن السنة اللهب تثار في أجزاء من الشمس وتسمى بالمناطق النشطة، حيث الحقل المغناطيسي أقوى بكثير من متوسط شدته، وتُكتشف هذه المناطق بسهولة عن طريق وجود البقع الشمسية sunspots - وهي تلك البقع المظلمة التي تروى أشد الحقول المغناطيسية على الشمس. وفي هذه المناطق تمتد خطوط قوى الحقل المغناطيسي من سطح الشمس إلى الإكليل، وهي الطبقة الخارجية للغلاف الجوي للشمس، وتتقوس إلى الأعلى

Fair and Mild: Highs of Two Million (1)
Overview / Physics of Flares (2)
Corona (3)

تصبح جيدة بالقدر الكافي الذي يمكن من كشف تعقيدات هذه الظواهر وتوضيح أليتها الفيزيائية، إلا في العقد الأخير أو قريباً منه. ويرجع الفضل في ذلك إلى التقانات الجديدة التي استحدثت خلال التسعينات وقد تبين أن السبب هو حدوث عملية إعادة ترتيب مفاجئة لخطوط الحقل المغناطيسي. وهي ظاهرة تُعرف باسم إعادة الربط reconnection.

طقس هادئ ومعتدل بدرجة حرارة مليوني كلفن

على الرغم من تعقيدات طقس الأرض، فإنه ينتج على الأقل من عمليات مألوفة: التسخين الشمسي والفروق في ضغط الهواء والأنماط المتغيرة للرياح، حتى إن غالبية الناس لديها إدراك حدسي، على سبيل

نظرة إجمالية/ فيزياء السنة اللهب

- يمكن للسنة اللهب الشمسية أن تطلق طاقة تعادل بلايين القنابل الذرية في غضون بضع دقائق، تُصدر هذه الانفجارات دفقات من الأشعة السينية والجسيمات المشحونة، التي قد يصطدم بعضها لاحقاً بالأرض، معرضاً السواحل (الأقمار الصناعية) للخطر، ومسبباً انقطاعات في التيار الكهربائي.
- تزود الحقول المغناطيسية المضطربة للشمس السنة اللهب: الوقود اللازم. وينتج الانطلاق المفاجئ للطاقة في لسان اللهب من عملية يُطلق عليها اسم إعادة الربط reconnection، حيث تتحد خطوط الحقول المغناطيسية ذات الاتجاهات المتعاكسة ويُفني بعضها بعضاً جزئياً.
- مع أن الدراسات النظرية لإعادة الربط المغناطيسي في الشمس أجريت منذ عقود، فإن الأدلة الرصدية على هذه الظاهرة لم تتكشف إلا حديثاً بواسطة مسابير الفضاء. وتتضمن السمات المميزة للظاهرة عرى مغناطيسية واضحة تقع أسفل البقعة التي تحدث فيها إعادة الربط المغناطيسي.



مشهد ساطع لظاهرة الشفق Aurora الذي أضواء سماء الإسكندرية الليل خلال الشهر 2003/10 نتيجة النشاط المتزايد للشمس. يمكن لسيل الجسيمات المشحونة الصادرة عن الشمس أن يولد هذه الظاهرة عندما تصل الجسيمات إلى الأرض وتصلطد بالطبقات العليا للغلاف الجوي. وتغادر هذه الجسيمات ذات الطاقة العالية الشمس خلال حركتها عبر خطوط قوى الحقل المغنطيسي للشمس.

تجاوز الحدود

إن تتبع ما يحدث خلال أحداث إعادة الربط المغنطيسي على وجه الدقة، يتطلب أولاً فهمًا عامًا لكيفية احتجاز العرى المغنطيسية غير المرئية للغاز الساخن في الغلاف الجوي للشمس. ومن المفضل أن يُسمى هذا الغاز بالبلازما، نظراً إلى تكوينه في الأغلب من الإلكترونات والبروتونات المنفصل بعضها عن بعض. وهذا يعني توصيله للكهرباء، لذا يستطيع الحقل الكهربائي أن يدفع هذه الجسيمات بمحاذاته مولداً تيارات كهربائية وبالمثل، فإن الحقل المغنطيسي يؤثر في هذه الجسيمات المشحونة بقوة تدفعها للتحرك بحركة دورانية حول خطوط الحقل المغنطيسي.

وعلى الرغم من تقييد حركة الإلكترونات والبروتونات في مسارات دائرية حول خطوط الحقل المغنطيسي وفق هذا النمط، فإن باستطاعتها الحركة بحرية نسبياً على طول هذه الخطوط. وإنني أقول «نسبياً» بسبب تعرض الجسيمات المشحونة لقوة إعاقة إذا تحركت على طول خطوط حقل مغنطيسي متقاربة فعلى سبيل المثال، تتباطأ حركة الجسم المشحون أثناء هبوطه من أعلى العروة المغنطيسية إلى أسفلها مقتربا من إحدى النقطتين اللتين تسميان نقطتي القاعدة foot points للعروة، حيث تتقارب خطوط الحقل ويصبح الحقل المغنطيسي أكثر شدة. وفي نهاية المطاف تُوقَف شدة الحقل المتزايدة حركة الإلكترون أو البروتون. ثم تدفعه مرة أخرى إلى الأعلى تشبه هذه العملية إلقاء كرة على فرشاة وخلافاً للكرة، التي تعطي مؤقتاً طاقة حركتها لضغط نوابض الفرشة، فإن الجسيمات المشحونة في الشمس لا تنقل الطاقة إلى الحقل المغنطيسي. بل تتحول طاقة هبوطها نحو الأسفل إلى زيادة في تردد حركتها الدائرية حول خطوط الحقل المغنطيسي. بهذه الطريقة، تعمل نقطتي القاعدة للحلقة المغنطيسية كمرآة تعكس البروتونات والإلكترونات ذهاباً وإياباً فيما يُعد بوجه أساسي، شريكاً كبيراً للجسيمات المشحونة.

ومن المثير للدهشة، أنه يمكن للبلازما نفسها أن تؤثر في خطوط الحقل المغنطيسي التي تملكها. وما يمكنها من ذلك، هو أنها نظراً إلى كونها بحراً من الجسيمات المشحونة، فيمقدورها أن تحتوي على تيارات كهربائية تنشأ كلما وُجد فرق في الفلطة لدفعها في الدارات

في عرى واسعة تحتجز الغاز الساخن - وهو ساخن فعلاً لأن درجة حرارته تبلغ بضعة ملايين درجة كلفن. هذا القدر من الحرارة عالٍ بالقدر الكافي الذي يجعل الغاز المحتوي يُصدر الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة⁽¹⁾ والأشعة السينية [انظر: «السمة المحيرة للإكليل الشمسي الحار»، **العلوم**، العددان 7/6 (2003)، ص 24] تنبعث السنة اللهب التي تندفق أحياناً من المناطق التشيطية من هذه السمات المغنطيسية، مسببة ارتفاعاً في درجة حرارة الغاز في العرى أكثر من المعتاد إذ تصل، نموذجياً، إلى ما بين 10 ملايين و 40 مليون درجة كلفن.

أما خارج إطار الارتباط العام بين السنة اللهب والحقول المغنطيسية القوية، فقد بقيت صورة تفاصيل جريان الأمور مشوشة مدة طويلة. وعلى سبيل المثال، لم يتضح للفلكيين، إلا تدريجياً، أن عرى الحقل المغنطيسي والغاز الساخن المتعلقة بالسنة اللهب تختلف إلى حد بعيد عن بُنى شديدة الشبه بها موجودة في أمكنة أخرى داخل المناطق النشطة. جاءت المؤشرات الأولى لهذا الاختلاف قبل 14 عاماً تقريباً عن طريق قياسات أجريت بواسطة الساتل الياباني يوهوكو Yohkoh، الذي كان أول مسبار فضائي يلتقط صوراً للسنة اللهب الشمسية في أطوال موجية تمتد إلى الطاقات العالية المعتدلة للأشعة السينية (وهذا أفاد في تحديد مواقع الغاز الشديد الحرارة)، أظهرت قسم الحلقات المغنطيسية لبعض هذه الأحداث طرفاً مستديراً⁽²⁾ لافنا للنظر أشبه بقوس قُوطي الطراز⁽³⁾ منه بقمة دائرية عادية.

وأثناء تفحص صور الساتل يوهوكو، اكتشف «S. ماسودا»⁽⁴⁾ الذي كان حينذاك طالب دراسات عليا بجامعة طوكيو أن منطقة الطرف المستدق للسان لهب حدث عام 1992 أصدرت كميات كبيرة غير اعتيادية من الأشعة السينية ذات الطاقة العالية نسبياً (والطول الموجي القصير). خلّص «ماسودا» إلى أن مصدر هذه الأشعة جيب من الغاز الساخن جداً (نحو 100 مليون كلفن) الذي من المتوقع أن يتوهج يتألق بأطوال موجية قصيرة من الأشعة السينية. وبصورة بديلة، يمكن لشئ ما تسريع الإلكترونات في هذه المنطقة لتبلغ سرعات فائقة جداً وهذا يؤدي إلى إصدارها أشعة سينية عندما تعترضها أيونات الغاز المحيط بها، مبطنة حركتها فجأة.

إن أياً من هذين الاحتمالين شئ، مربك! فإذا كان الغاز حارقاً لهذه الدرجة، فكيف أمكن احتجازه في بقعة صغيرة كهذه؟ وإذا جاءت الأشعة السينية من الإلكترونات المسرعة المصطدمة بالأيونات، فلماذا جاءت الأشعة من مصدر متراس بالقرب من أعلى الحلقة. وليس من أسفلها، حيث كثافة الغاز أعلى ما يمكن؟

لحل هذه الألغاز طلب فيزيائيو الفضاء قياسات تمكن من التمييز بين تأثيرات الغاز الساخن والإلكترونات المسرعة. ولفهم زمان ومكان حدوث الأنشطة الوثيقة الصلة بهذه التأثيرات، احتاجوا إلى صور متكررة للأشعة الشمسية في نطاق الطاقة الكامل للأشعة السينية وأشعة كاما. وقد أعاق عدم توافر هذه المعلومات الباحثين طوال معظم العقد التالي. لكن في عام 2002، أطلقت الوكالة ناسا مصور راماتي الطيفي للطاقة الشمسية العالية Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI) الذي التقط مشاهد تفصيلية لمنطقة الطرف المستدق في السنة لهب شمسية معينة، ويتنفذ ذلك، قدم المصور RHESSI دليلاً مقنعاً مؤكداً مسؤولية عملية إعادة الربط المغنطيسي عن كل من السنة اللهب والمقذوفات الإكليلية.

تقدم الحقول المغنطيسية المراحة واليلازما المتكيفة - وهي الغاز الذي جردت ذراته من إلكتروناتها - جميع المقومات اللازمة لأحداث لسان اللهب (في الأسفل). على الرغم من أن طريقة عملها سوية لتوليد السنة اللهب لم تفهم إلا حديثاً [انظر الإطار في الصفحة 35].



تبرز عرى الغاز المتوهجة عادة من سطح الشمس، كما يبدو في صورة الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة extreme ultraviolet المأخوذة بواسطة مسبار الفضاء Transition Region and Coronal Explorer. تتسع الخطوط المضيفة الحقل المغنطيسي المحلي، الذي يتغير بمرور الوقت نتيجة لحركة البلازما الساخنة بالقرب من السطح المرئي للشمس وتحتته. وهذا يسبب إزاحة نقطتي القاعدة foot points، وهما موضعا تجمع خطوط الحقل على السطح.



تتحرك الجسيمات المشحونة المكونة للبلازما في مسار حلزوني حول خطوط الحقل المغنطيسي، لكنها تتحرك بحرية نسبية على طولها (انظر الشكل في الأسفل). وعندما تقابل هذه الجسيمات حقلاً ذا شدة متزايدة (حين تقتارب خطوط الحقل)، تنبأها حركتها على طول خطوط الحقل. ثم تردت في الاتجاه المعاكس. تتأرجح الجسيمات ذهاباً وإياباً بين نقطتي القاعدة للعرورة المغنطيسية نتيجة لذلك (الخط المنقط يساراً). وقد استنبه الفيزيائيون، منذ وقت طويل، بأن إعادة تشكيل الحقل المغنطيسي المفاجئة تقوم بتسخين الجسيمات المحتجزة، وهذا يؤدي إلى اندفاعها على هيئة لسان للهب، لكن الأرصاء اللازمة لكشف المزيد من تفاصيل هذه العملية مازالت مرتقبة.

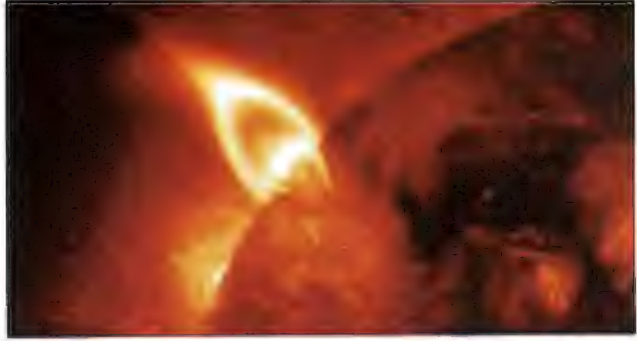


الكهربائية المألوفة - مثل تلك الموجودة في مصباح البطارية - تقوم أسلاك المصباح الكهربائي بمقاومة التيار الساري خلالها مسببة بذلك الطاقة الكهربائية عن طريق تحويلها إلى ضوء وحرارة. كذلك، يوفر الغلاف الجوي للشمس مقاومة كهربائية لأن الجسيمات المشحونة المكونة للتيارات الكهربائية تصطدم أحياناً ببعضها ببعض. وهذا يعيق سريان الشحنات ويرفع درجة حرارة الوسط ثم إن للفلطية الدافعة للتيار حقلاً كهربائياً مصاحباً له. وإذا كان هذا الحقل قوياً بالدرجة الكافية، فسوف تُسرّع الإلكترونات والأيونات إلى خارج البلازما الساخنة من هيا تأتي الحرارة والجسيمات ذات الطاقة العالية، وهي العناصر الأساسية للسنة اللهب.

لا يصمد جيداً هذا التفسير الأنيق إذا أمعنا النظر فيه. ويرجع أحد أسباب ذلك إلى أن المقاومة الكهربائية لإكليل الشمس ضئيلة جداً بدرجة لا تمكنها من تفسير المعدلات العالية لشدة سطوع السنة اللهب الشمسية وحتى إذا كانت المقاومة أعلى من ذلك، فإن كيفية تركيز القدر المطلوب من الطاقة المغنطيسية في مكان واحد، وتحريرها في بؤفة مفاجئة، لا تزال صعبة التفسير. وقد خلص الباحثون، قبل عقود،

الكهربائية المألوفة - مثل تلك الموجودة في مصباح البطارية - تقوم البطارية بتوفير الفلطة (الجهد) الدافعة ولا يوجد شيء مثل البطارية على سطح الشمس. إلا أن الحقل المغنطيسي المتغير يستحث فروقاً في الفلطة (طبقاً لنفس المبادئ الفيزيائية التي يعمل وفقاً المولد الكهربائي)، وبذلك تنشأ تيارات كهربائية. وما يجعل الأمور أكثر تعقيداً، هو أن هذه التيارات تولد حقولاً مغنطيسية جديدة وينتج هذا التأثير، منحدداً مع ميل نقاط قاعدة الحلقات المغنطيسية للحركة على غير هدى. تشكيلات رائعة دائمة التغير من الحقول المغنطيسية الشديدة التشوش في الغلاف الجوي للشمس، حاملة قدر كبيراً من الطاقة المغنطيسية - التي هي وقود السنة اللهب الشمسية.

ولا يصف هذا الجزء من القصة إلا بعض الفيزياء الأساسية الفاعلة التي فهمها العلماء لعقود عديدة. وتنشأ المشكلة إذا حاولنا أن نشرح بدقة كيفية تحول جميع هذه الطاقة المغنطيسية إلى حرارة وجسيمات متعجلة (مسرعة) ومادة مقدوفة ويأتي أحد الاحتمالات ببساطة من اعتبار أي دائرة كهربائية بأنها لا تميز بالتيار المار خلالها والفلطة الدافعة لتدفق الشحنة فحسب. بل أيضاً بالمقاومة



تُظهر الحلقات التي تعقب السنة الذهب طرفا مستديرا مميزا في قممها وتعكس هذه الهندسة للغاز المتوهج اضطرابا في الحقل المغنطيسي المحلي. ويمكن لهذا الاضطراب ان يحدث إعادة الربط المغنطيسي المطلوب لتزويد السنة الذهب بالطاقة، وفي بعض الأحيان تبقى آثاره مسنحة عدة أيام تالية.

إلى أن توليد قلطية دافعة لتيار وحيد بسيط، لا يمكن أن يرفع درجة حرارة الغلاف الجوي للشمس بالسرعة الكافية، أو يولد دفقا من الجسيمات المسرعة كافيا لإحداث لسان من اللهب.

وعلى مر السنين، كان فيزيائيو الفضاء يقدمون أفكارا متنوعة أكثر تعقيدا، فربما تنتج السنة الذهب من تيارات عديدة مختلفة تتحد معا، أو من حيز يحوي موجات من البلازما المضطربة والحقول الكهربائية العشوائية المصاحبة لها. ويمكن لهذه الترتيبات الخاصة أن تحدث لسانا من اللهب، لكن لا تستطيع هذه الآليات أن تفسر جميع الأرصاد. وخصوصا ميل المقذوفات الإكليلية للمادة إلى أن تكون مصحوبة بالسنة لهب كبيرة. وهناك نظرية ينتظر لها مستقبل مرموق، وهي لا تتضمن ديناميكية الحقل الكهربائي فحسب، بل أيضا نظيره المغنطيسي، لذا دعوني أصف فيزياء كل من هذه الحقلين بتفصيل أكبر.

إن لدى الحقول المغنطيسية اتجاهها مصاحبا لها، فعلى سبيل المثال، تتجه خطوط القوى حول قضيب من المغنطيس من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي وإذا أحضر حقلان مغنطيسيان متوازيان، لكن متعاكسان في الاتجاه، إلى البلازما فسوف ينشأ تيار كهربائي بينهما متخذا شكل صفيحة مستوية. (اعتاد معظم الناس على الاعتقاد بأن التيار الكهربائي يسري في بُعد واحد - على طول سلك كهربائي. مثلا - لكن في الشمس، حيث الغلاف الجوي بأكمله موصل للكهرباء، لا يوجد ما يمنع سريان التيار الكهربائي في مستويات ذات بعدين). وبمرور الزمن، يتناقص قدر الطاقة المغنطيسية الذي يحتويه الحقلان المغنطيسيان، وذلك مع قيام المقاومة بتبديد التيار الكهربائي الساري في الصفيحة.

في عام 1956، أدرك الباحث الراحل $\langle P \rangle$ سويت $\langle X \rangle$ [الذي كان يعمل حينذاك في مرصد جامعة لندن] أن طاقة الحقل المغنطيسي تتراجع بطريقة أسرع إذا انفصلت خطوط الحقلين المتعاكسين بالاتجاه، ثم التحمت، أو أعيد ارتباطها، مرة أخرى في صفيحة التيار الكهربائي الذي تكون بينهما ويترتب على ذلك إلغاء الحقلين المتقابلين كل منهما الآخر في بثقة من الطاقة، وهذا يشبه تقريبا، قناء المادة والمادة المضادة. عندئذ يمكن للحقلين المغنطيسيين المتجاورين والبلازما المضغوطة فيهما أن يسريا في الصفيحة في كلا الاتجاهين. وفي فيزياء هذه الظاهرة يجري لفظ كل من الحقول المغنطيسية الجديدة، التي نشأت عن التحام خطوط القوى، التي كانت منفصلة سابقا، والبلازما إلى أطراف المستوى وفي أواخر الخمسينات وأوائل الستينات من القرن السابق قدم $\langle F \rangle$ باركر [من جامعة شيكاغو] نموذجا رياضياتيا يصف هذه العملية التي يطلق عليها الآن اسم إعادة الربط.

المغنطيسي لـ «سويت» باركر Sweet-Parker magnetic reconnection لا تستطيع عملية إعادة الربط هذه أن تقدم التفسير الكامل لما يحدث أثناء السنة الذهب الشمسي، نظرا إلى أن إعادة ترتيب خطوط الحقل المغنطيسي تحدث ببطء شديد لا يسمح لها بتفسير معدلات الطاقة العالية المحررة. وفي عام 1963، بعد أن أدرك هذا القصور للنموذج الجديد، الباحث الراحل $\langle H \rangle$ بيتشيك [من معمل أبحاث Avco-Everett بولاية ماساتشوستس] حول اهتمامه إلى هذه المشكلة، وتوصل إلى أنه تحت شروط معينة، فإن عملية إعادة الربط تحدث بسرعة أعلى بكثير من المعدل الذي تقدمه عملية سويت-باركر. وتُعرف هذه الظاهرة الآن باسم إعادة ربط بيتشيك أو إعادة الربط السريع⁽¹⁾، وهذا يخالف الظاهرة التي وصفها سويت وباركر، والتي يطلق عليها إعادة الربط البطيء.

المشاهدة خير دليل⁽²⁾

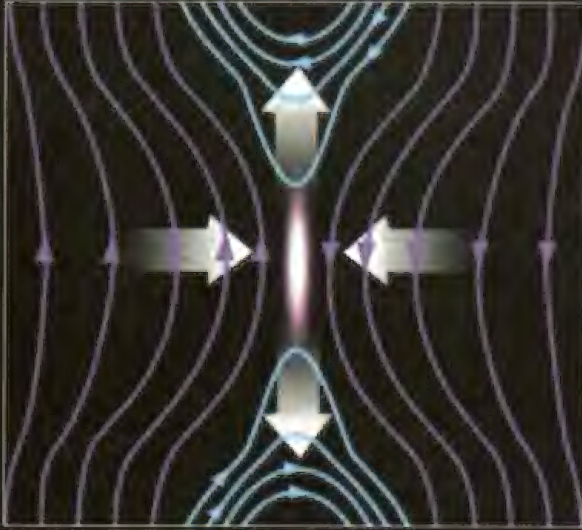
في كل من إعادة الربط السريع والبطيء، يكون سُمك صفيحة التيار الكهربائي ضئيلا جدا إذ إنه لا يتجاوز بضعة أمتار، وهذا أقل مما يلزم للجيل الحالي من أجهزة القياس عند رصد الشمس ومع ذلك، تولّد كل من العمليتين ظاهرة مهمة يمكن رصدها، وهي تكون حقول مغنطيسية في مناطق متمايزة. فهل أظهرت صور مسابير الفضاء الحديثة هذه السمات المميزة؟

على الرغم من أن إعادة الربط قد تكون كلفة الوجود في الشمس، فإن إيجاد دليل مباشر على وجودها ليس بالأمر الهين. وقد قدمت بعثة RHESSI مساعدا كبيرة في هذا المجال، ففي عام 2003، قامت $\langle C \rangle$ سوو [التي كانت حينذاك طالبة دراسات عليا في الجامعة الكاثوليكية الأمريكية وتعمل معي في مركز كودارد للطيران الفضائي التابع للوكالة ناسا⁽³⁾] بتحليل أرصاد المصور RHESSI للسان لهب متوسط الشدة حدث في 2002/4/15. كان لهذا الحدث أهمية خاصة، لأنه أصدر مقذوفا إكليليا للمادة بزاوية مكّنت من مشاهدته بسهولة. إضافة إلى ذلك، كان لسان اللهب على هيئة عروة بسيطة، لذا بدا إليّ حد بعيد عاديا جدا. ومع ذلك لاحظت «سوو» وجود مصدر متراص compact source للأشعة السينية الضعيفة يحلق فوق العروة المغنطيسية، ويبدو غير متصل بها. كان ذلك مثيرا للفضول، لكن للتوثق من حقيقة وجود هذا المصدر المنفصل، قمنا بالحصول على سلسلة من الصور من بداية لسان اللهب إلى نهايته في تسلسل زمني استغرق زهاء 10 دقائق.

لقد كان حقيقيا فعلا ظهر المصدر الغامض للأشعة السينية في البداية عند قمة العروة. وعندما بدأ لسان اللهب بإصدار الأشعة السينية ذات الطاقة العالية، تحركت قمة العروة إلى الأسفل في حين ظل المصدر ثابتا. وعندما بلغ لسان اللهب ذروته، حين بلغت الأشعة السينية ذات الطاقة العالية أقصى معدلاتها، تغير فجأة اتجاه حركة العروة إلى الأعلى. وبدأ المصدر الغامض للأشعة السينية بالتحرك إلى الأعلى أيضا، لكنه كان أسرع بكثير. وخلال دقيقتين خفت مصدر الأشعة السينية هذا ثم اختفى. لم يَر أحد حدثا مثل هذا من قبل لقد انطلق مصدر الأشعة السينية، الذي بدأ ساكنا في البداية، مبتعدا عن

(1) Seeing is Believing
(2) matter-antimatter annihilation
(3) Petschek or fast reconnection
NASA Goddard Space Flight Center

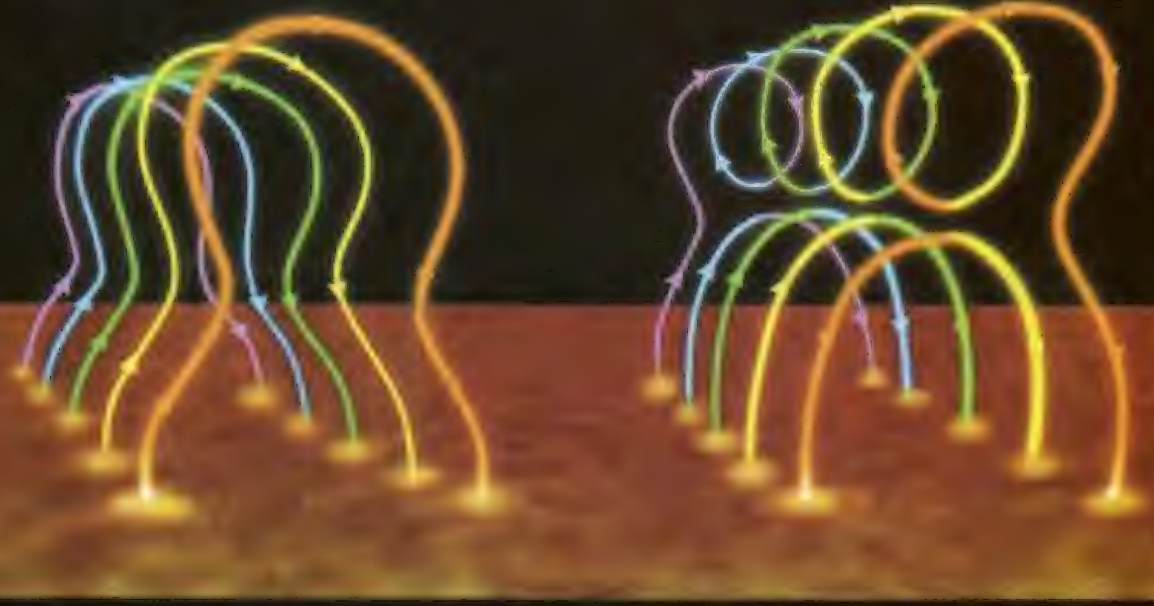
إن مصدر طاقة السنة للهب الشمسية هو ظاهرة تسمى إعادة الربط المغنطيسي. تتضمّن فيها خطوط الحقل المغنطيسي للشمس بعضها إلى بعض، ثم تعيد تشكيل نفسها بسرعة. وتستمد أحداث إعادة الطاقة من الحقل المغنطيسي، مستخدمة إياه في تسخين الغلاف الجوي للشمس محلياً، وتسريع الجسيمات المشحونة لبلوغ سرعات عالية.



إعادة تشكيل الحقل

تحدث إعادة الربط المغنطيسي، عموماً، عندما تتقارب سويًا خطوط الحقل المغنطيسي المتعكسة بالاتجاه في الشكل الموضح في اليسار، فتتحرك خطوط الحقل المغنطيسي المنحنية إلى الأعلى والأسفل نحو المركز. تتكون عندئذٍ صفيحة عمودية من التيار الكهربائي (اللون البرتقالي، الذي يرى هنا من خلفه)، تندمج خطوط الحقل المغنطيسي المتقابلة داخل هذه الصفيحة للتيار مؤقتة بعضها بعضاً جزئياً، ومطلقة الطاقة المغنطيسية التي تحتويها. عندئذٍ تنشأ خطوط حقل جديدة (اللون الأزرق) أعلى وأسفل صفيحة التيار، وتتحرك بسرعة متباعدة عن موقع إعادة الربط.

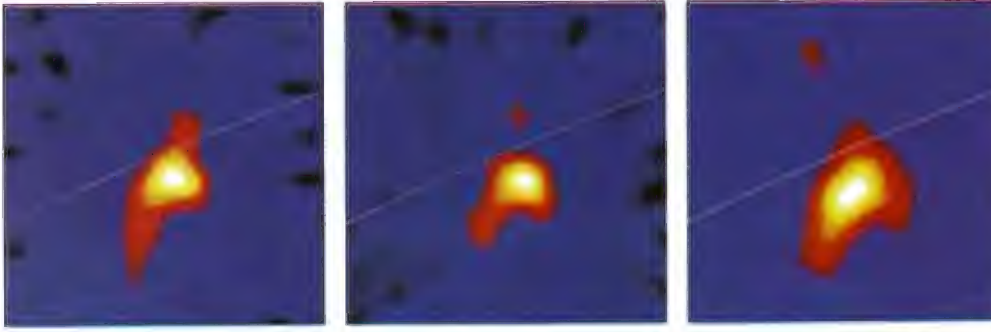
يمكن لعمليات إعادة الربط في الشمس أن تصبح أكثر تعقيداً (في الأسفل). وفي بعض الأحيان، تُعيد هذه العمليات تشكيل سلسلة خطوط الحقل المغنطيسي المتقوسة بعضها خلف بعض، فيما يُعرف بالقناطر الشمسية solar arcades. وعلى سبيل المثال، يمكن لمجموعة من تلك الخطوط أن تنضغط نحو الداخل في أن واحد (في الأسفل يساراً). وإذا استمرت هذه العملية، يمكن أن تؤدي إلى إعادة ربط جماعي، بمصدرة لسان لهب شمسية، وقارقة حقلاً مغنطيسياً لولبياً فوق قنطرة منخفضة من العرى في الأسفل (في الأسفل يميناً). تظهر نقاط التقاء الألوان المختلفة مواضع حدوث إعادة الربط. وقد يفقد الحقل اللولبي والمادة التي بداخله نحو الخارج، مكونين مقنوقاً إكليلياً للمادة.



دليل مثير

تترك أحداث إعادة الربط، عادة، أثراً تدل عليها. تُظهر الصورة في اليمين، المأخوذة بواسطة مسبار الفضاء TRACE في الشهر 2000/9 شبكة متداخلة من العرى التي كانت واضحة بعد مرور ساعتين على حدوث لسان لهب شمسي في ذلك الموضع. وعلى الرغم من أن هيئة الحقل المغنطيسي قبل التوهج غير معروفة، فإن ظهور العرى بالشكل المختلط في هذه الصورة يوحي بأن تمة عملية إعادة ربط مغنطيسي كبيرة حدثت. يمكن أن تكون قد تركت جزءاً من الحقل المغنطيسي منفصلاً بوضوح عن سطح الشمس.





الشمس بسرعة 300 كيلومتر في الثانية، وهي نفس سرعة المقذوفات الإكليلية للمادة الذي صاحب لسان اللهب هذا واشتبهت مع حسو باننا اكتشفنا أخيراً المصدر الغامض لهذا التححرر الانفجاري للمادة. والأفضل من ذلك هو أن قياسات درجات الحرارة أشارت إلى المصدر الذي أتت منه الطاقة. والذي تبين أنه واقع بين ذروة العروة المغنطيسية ومصدر الأشعة السينية المثير للفضول

واتفق هذا الضيق مع ما نتوقع أن نراه إذا أعيد ربط

الحقل المغنطيسي أعلى العروة في صفحة موجهة عمودياً من التيار الكهربائي ومن المحتمل أن يكون كل من الحقل المغنطيسي للإكليل والبالزما قد تدفق في صفحة التيار باتجاه أفقي من كلا الجانبين. وهناك أعيد ربط الحقول المغنطيسية المتعاكسة بالاتجاه. وأصبح نصف خطوط الحقل الجديد بسرعة إلى الأسفل حيث تراصت على العرى المغنطيسية الموجودة سلفاً وقد تسارع نحو الأعلى التصف الآخر من خطوط الحقل المغنطيسي الذي أعيد ربطه مولداً عروة مغنطيسية كبيرة ملتوية. انفصلت أجزاء منها عن الشمس. وفي بعض السنة اللهب الشمسية على الأقل، لابد لهذه العرى المغنطيسية الملتوية من أن تصبح مقذوفات إكليلية للمادة وتقدم إعادة الربط المغنطيسي وسيلة للجزء المركزي من الحلقة (ولفقاغة البالزما الموجودة فيها) للهروب من الشمس - كما تنقطع فجأة الحبال المقيدة للبالون

وساعد أيضاً هذا التصور، الذي نتج من دراستنا لهذا الحدث الذي جرى عام 2002، على شرح أرصاء الساتل يوهكو السابقة فالطرف المستدق، الذي شوهد أعلى عرى السنة اللهب عام 1992، لابد أنه كان موجوداً تحت صفحة غير مرئية من التيار الكهربائي، حيث تتكون خطوط الحقل المغنطيسي التي أعيد ربطها حديثاً، وتتداعى باستمرار على الحقل الواقع أسفلها كأن البريق المتألق للطرف المستوي يحدث بأطوال الأشعة السينية نتيجة للحقن المستمر للبالزما الساخنة والإلكترونات المسرعة من صفحة التيار الكهربائي الواقعة أعلاه. وربما نتيجة لعملية التسخين وتسريع الإلكترونات في العقد ذاته يبدو أن لدينا الآن تفسيراً لكيفية حدوث بعض السنة اللهب الشمسية والمقذوفات الإكليلية للمادة على الأقل. لكن مازال هناك العديد من الأسئلة دون إجابة وعلى سبيل المثال، ما سبب تسريع الجسيمات في السنة اللهب؟ وما الذي يؤدي إلى حدوث إعادة الربط المغنطيسي المفاجئ؟ يأمل فيزيائيو الفضاء، إيجاد أجوبة لهذه الأسئلة بسرعة في سياق دراستنا المستمرة لألسنة اللهب باستخدام المصور RHESSI ومراصد شمسية أخرى، بما فيها مسبارا الفضاء Solar B وSTEREO، اللذان سيطلقان قريباً. وسوف تقوم بعثة Solar B بإعداد خريطة عالية الدقة للحقول المغنطيسية للشمس، كما ستقوم بعثة STEREO (اختصاراً لـ Solar TErrestrial Relations Observatory) بوضع سفينتين فضائيتين في موقعين يمكنان من التقاط صور ثلاثية الأبعاد للشمس

لقطات من الأشعة السينية، أخذت بواسطة بعثة RHESSI تصور لسان اللهب الذي حدث في 2002/4/15، والذي كان مصحوباً بمقذوفات إكليلية للمادة. يظهر خلال لسان اللهب مصدر للأشعة على شكل انتفاخ أحمر فوق العروة الرئيسية للغاز الساخن (في اليسار) وفوق الحافة المرئية للشمس (الخط الأبيض). ظل هذا المصدر ساكناً بضع دقائق، في حين هبطت قمة العروة (في الوسط). لكنه انطلق بسرعة في الفضاء فيما بعد (في اليمين). يدعم هذا التسلسل فكرة أن إعادة الربط في أعلى العرى المغنطيسية تفسر السنة اللهب والمقذوفات الإكليلية للمادة. يكون هذا النسق متفقاً تماماً مع ما نتوقعه إذا ما عاد ربط الحقل المغنطيسي أعلى الحلقة، حيث يسمح لنصف خطوط الحقل الجديدة أن تزاح إلى الأسفل، في حين يتسارع النصف الآخر إلى الأعلى مزوداً المقذوفات الإكليلية للمادة بالطاقة.

ويأمل الباحثون أن تقدم هذه المناظر حلاً لالغاز هندسة المقذوفات الإكليلية للمادة عند مغادرتها للشمس ومرورها عبر الفضاء الكوكبي interplanetary space

إن مقدرة العلماء على توقع الطقس الغنيث للفضاء سوف تتحسن بلا شك في الأعوام المقبلة - وسوف تأتي التحسينات من كل من فهم أفضل لآليات دفع السنة اللهب الشمسية والأدوات المتاحة، التي تتطور باستمرار، والتي تُستعمل لمراقبة الفضاء حول الشمس والأرض. لذا يتوقع الباحثون المعنيون بدراسة عواصف الفضاء، أن يحل سريعاً كثير من الألغاز المتبقية. إننا نتطلع إلى الوقت الذي تصبح فيه التنبؤات بطقس الفضاء نشاطاً عادياً مماثلاً للتنبؤات التي يزودونا بها، روتينياً. خبراء إصدار طقس الأرض.

المؤلف

Gordon D. Holman

يجري أبحاثه في مختبر الشمس وفيزياء الفضاء، بمركز كودارد لطيران الفضاء التابع للوكالة ناسا، وهو باحث مشارك في بعثة RHESSI حصل «هولمان» على الدكتوراه في الفيزياء الفلكية من جامعة نورث كارولينا في تشابل هيل، ويتركز أبحاثه على تطبيق فيزياء البلازما plasma physics لشرح الأرصاء الفلكية ويعمل أيضاً مع زملائه في الوكالة ناسا على تبسيط فيزياء الشمس للهواة من خلال موقع الوكالة على الويب

مراجع للاستزادة

Magnetic Reconnection. Eric Priest and Terry Forbes, Cambridge University Press, 2000

Evidence for Magnetic Reconnection in Three Homologous Solar Flares Observed by RHESSI. Linhui Sui, Gordon D. Holman and Brian R. Dennis in *Astrophysical Journal*, Vol. 612, pages 546-556; September 1, 2004.

Multiwavelength Analysis of a Solar Flare on 2002 April 15. Linhui Sui, Gordon D. Holman, Stephen M. White and Jie Zhang in *Astrophysical Journal*, Vol. 633, pages 1175-1186; November 10, 2005.

General information about solar flares can be found at <http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/>

Information about the Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager can be found at <http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessi/>

Scientific American, April 2006



جندي حكومي مراشقي، بنكالا، أنغولا، 1993

الدول المنتجة للقهوة من أرباح كان أقل من نصف ما تم تحقيقه قبل عقد من الزمن. فالمشكلة ليست في الأسواق العالمية، ولكنها تكمن في عدم القدرة على الوصول إلى تلك الأسواق، أو الأسعار المنخفضة المعروضة على المنتجين نتيجة للقدرة الاحتكارية التي تتمتع بها مجموعة قليلة من شركات بيع الفرق. ففي بعض الصناعات، يمكن أن تتحد بعض الشركات لتثبيت الأسعار. وقد اقترح بعض الاقتصاديين تأسيس وكالة تحقيق دولية مناهضة للتروستات. وحتى وإن لم يكن لهذه الوكالة سلطة تنفيذية، من الممكن لها أن تعبئ الرأي العام وتقوي مواقف المنظمات الأخرى المناهضة للتروستات. هذا ويمكن لبرامج الشهادات الدولية الخاصة بجودة المنتجات أن تساعد الدول الفقيرة على الوصول بمنتجاتها إلى الأسواق العالمية.

تلك الفكرة. إصلاح برامج الهجرة في الدول الغنية. يبدو أن السماح بهجرة أعداد كبيرة من العمال غير المؤهلين إلى الدول الغنية «كعمال ضيوف» يمكن أن يساهم في تخفيض الفقر العالمي أكثر من أي شكل من أشكال الاندماج في الاقتصاد العالمي، مثل تحرير التجارة. إلا أن المناخ الدولي الحالي لا يستحسن كثيراً

إن الشعارات المناهضة للعولمة أو الخطب حول الفوائد المطلقة للتجارة الحرة لا تخدم قضية الحد من الفقر، حيث إن تحديد مدى تعقيد هذه القضايا وتضافر السياسات الوطنية والدولية سيكونان بالتأكيد أكثر جدوى.

(١) اندروست ضد الشركات الاحتكارية
(٢) Green Revolution

المؤلف

Pranab Bardhan

استاذ العلوم الاقتصادية في جامعة كاليفورنيا - بيركلي أجرى عدداً من الأبحاث النظرية والدراسات الميدانية حول المؤسسات الريفية في الدول الفقيرة، والاقتصاد السياسي لسياسات التنمية، وكذلك حول التجارة العالمية. وربما يكون الأكثر شهرة في البرهان على أن الكفاءة الاقتصادية والعدالة الاجتماعية هما هدفان متكاملان وليساً متناقضين. لقد كان «باردهان» بين عامي 1981 و 2001 رئيس تحرير مجلة الاقتصاد التنموي، وهو حالياً رئيس مشارك في مؤسسة ماكارتش، وهي شبكة أبحاث دولية حول انعدام المساواة والأداء الاقتصادي.

مراجع للاستزادة

Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis, G. S. Eskeland and A. H. Harrison in *Journal of Development Economics*, Vol. 70, No. 1, pages 1-24, February 2003.

The Impact of Globalization on the Poor. Pranab Bardhan in *Globalization, Poverty, and Inequality*, Edited by S. M. Collins and C. Graham. Brookings Institution Press, Washington, D.C., 2004.

Globalization, Gender and Poverty: Bangladeshi Women Workers in Export and Local Markets. N. Kabeer and S. Mahmud in *Journal of International Development*, Vol. 13, No. 1, pages 93-109; January 2004.

How Have the World's Poorest Fared Since the Early 1980's? Shaohua Chen and Martin Ravallion in *World Bank Research Observer*, Vol. 19, No. 2, pages 141-170; Fall 2004.

Globalization and Labor Income in Mexico. G. H. Hanson. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 11027. Cambridge, Mass. January 2005.

Scientific American, April 2006

البرامج الاجتماعية. يناقش العديد من الاقتصاديين أنه إذا أُريد للتجارة أن تُحسن وضع دولة من الدول، فقد يكون على حكومة هذه الدولة، إعادة توزيع الثروات والدخول إلى حد ما، بحيث يتقاسم الربحون من سياسات الانفتاح الاقتصادي المكاسب مع الخاسرين وبالطبع، فإن عبارة «إلى حد ما» مازالت تترك المجال مفتوحاً للخلافات. بيد أن بعض البرامج أقل إثارة للجدل. مثل برامج مساعدة العاملين على التأقلم عند فقدانهم وظائفهم وإعادة تدريبهم وتأهيلهم وتوظيفهم، وبرامج المنح الدراسية للطلبة الفقراء والتي برهنت على فعاليتها في تخفيض عمالة الأطفال أكثر من تحريم استيراد البضائع.

الأبحاث. لقد أدت «الثورة الخضراء» دوراً كبيراً في تخفيض الفقر في آسيا فالشركات الدولية الجديدة بين القطاعين العام والخاص يمكن أن تساعد على تطوير منتجات أخرى مناسبة للفقراء (على سبيل المثال الأدوية واللقاحات والمحاصيل). ولكن لا تملك الشركات الدوائية الدولية في ظل

إيقاف داء الزهايمر

تكشف أبحاث جديدة عن استراتيجيات لصدد السيروتات
الجزئية التي تفضي إلى هذا المرض المدمر للذاكرة.

« M » وولف



بعض داء الزهايمر بالتدريج ذاكرات المرء إلى أن يصل إلى أقدمها. لكن العلماء يسعون إلى معالجات
واحدة ونستطيع بعض العلاجات تضيق الخناق على النقطيع الجزئي الذي يبدو أنه يستهل هذا المرض
ونلة علاجات أخرى تستطيع منع التأثيرات الوييلة التي تنبع ذلك.

وبينما تتقدم العلة تتلاشى تدريجياً الذاكرات
القديمة كما الحديثة إلى حين لا يعود المريض
يتعرف حتى أحبائه. هذا ولا يتأتى الخوف
من داء الزهايمر من ألم أو معاناة بدنية، بل

SHUTTING DOWN ALZHEIMER'S (1)

علامة بدء هذا المرض بالإحفاق في استذكار
حوادث الأيام القليلة الماضية - محادثة
هاتفية مع صديق أو زيارة أحد عمال
التصليح إلى المنزل - في حين تبقى
استذكرات الحوادث القديمة سليمة ولكن.

إن دماغ الإنسان هو حاسوب عضوي
معقد بصورة بالغة البراعة، يجمع تشكيلة
واسعة من الخبرات الحسية ثم يعالج هذه
المعلومات ويخزنها، ويستذكر شذرات منها
ويكاملها في اللحظات المناسبة وقد جرى
تشبيه الدمار الذي يسببه داء الزهايمر بمحو
قرص ممغنت يبدأ بالملفات الأحدث ويستمر
رجوعاً إلى الملفات الأقدم وغالباً ما تتمثل

يخرب داء ألزهايمر مكونات الدماغ نفسها .

يدعى تاو tau وقد استهلكت ملاحظة هاتين الشاذتين نقاشاً دام طوال معظم القرن العشرين وتمحور حول السؤال التالي هل تعد اللويحات والحبائك مسؤولة عن تنكس العصبونات الدماغية، أم أنها مجرد علامات على مكان حدوث الموت العصبوني؟ ففي العقد الماضي، كان الدليل أقرب إلى فرضية الشلال النشواني التي تقول إن النشواني بيتا وتاو كليهما متورطان في تسبب داء ألزهايمر، وإن النشواني بيتا يقدم الإساءة الأولية.

إن النشواني بيتا A-beta هو اختصار لـ «بيتيد» قصير أو شذفة fragment بروتينية، وقد جرى عزلها لأول مرة من قبل U. گلنر و W. C. وُيك عندما كانا في جامعة كاليفورنيا بساندييغو. ويُشتق هذا الببتيد من بروتين أكبر يدعى طليعة النشواني - بيتا (أو APP اختصاراً) وتفرز جزيئات الطليعة APP في غشاء الخلية بحيث يكون جزء من البروتين في داخل الخلية والجزء الآخر خارجها. ويقوم إنزيمان شاطران للبروتين (وهما البروتيازان بيتا-سكرتاز و كاما-سكرتاز) باقتطاع النشواني بيتا من الطليعة APP، وهذه عملية تحدث فعلياً في جميع خلايا الجسم ومن غير الواضح سبب قيام بعض الخلايا بإنتاج النشواني بيتا، لكن الأدلة الحالية تشير إلى أن هذه السيرورة هي جزء من مسار تآشير signalling pathway.

إن قسماً من منطقة النشواني بيتا للطليعة APP موجود داخل الغشاء الخلوي نفسه، بين طبقتيه الخارجية والداخلية وبما أن الأغشية تتألف من ليبيدات كارهة للماء، فإن مناطق البروتينات التي تجتاز الأغشية تحتوي نمطياً على حموض أمينية مضادة للماء فعندما ينبثر النشواني بيتا من الطليعة APP بواسطة بيتا وكاما سكرتاز وينطلق داخل الوسط المائي خارج الغشاء، فإن المناطق الكارهة للماء لمختلف جزيئات

الزهايمر فلم يكن العلماء يعرفون إلا القليل عن بيولوجية هذا المرض، وكان يعتقد بأن منشأه ومساره معقدان إلى حد يبعث على اليأس. أما اليوم، فقد أحرز الباحثون تقدماً هائلاً باتجاه فهم الحوادث الحزيبية molecular التي يبدو أنها تقود هذا الداء، ويقومون حالياً باستكشاف تشكيلة من الاستراتيجيات لإبطاء أو إيقاف هذه السيرورات المدمرة ولعل واحدة من هذه المعالجات، أو مجموعة منها، تستطيع إعاقة تنكس degeneration العصبونات بالقدر الذي يكفي لإيقاف داء ألزهايمر في مساراته. وهناك بضعة علاجات مرشحة تخضع للتجريب السريري، وقد أسفرت عن بعض النتائج الأولية الواعدة. ويتزايد يوماً بعد يوم عدد الباحثين الذين يستشعرون الأمل، مع أن الأمل كلمة لا تصاحب عادة داء ألزهايمر.

الفرضية النشوانية

هناك سببتان رئيسيتان تميزان هذا المرض، لاحظ إحداهما طبيب الأعصاب الألماني «أ. ألزهايمر» قبل مئة عام وتتمثل في لويحات plaques وحبائك tangles في القشرة المخية والجهاز الحوفي limbic system المسؤولين عن الوظائف الدماغية العليا. أما اللويحات فهي ترسبات موجودة خارج العصبونات وتتألف بشكل رئيسي من بروتين صغير يدعى (نشواني بيتا amyloid-beta أو A-beta). وأما الحبائك فتوجد داخل العصبونات واستطالاتها الفرعية (من محاور axons وتغصنات dendrites) وتتألف من خيوط من بروتين

من الفقد المعتمد لذاكرات العمر التي تؤلف الهوية الحقيقية لصاحبها

ولسوء الحظ، ينهار هذا الشبه بين دماغ الإنسان والحاسوب. إذ لا يستطيع المرء ببساطة إعادة تشغيل الدماغ البشري مثلما يفعل في الحاسوب، أو أن يعيد تحميل ملفاته وبرامجه فالمشكلة هي أن داء ألزهايمر لا يحل فقط المعلومات، إذ إنه يتلف مكونات hardware الدماغ الذي يضم أكثر من 100 بليون من الخلايا العصبية (العصبونات) مع 100 ترليون من الوصلات بينها. ويستفيد معظم الأدوية الحالية لداء ألزهايمر من حقيقة أن العديد من العصبونات تنفقد بسبب توقف انطلاق نمط من الموصلات communicators الكيميائية أو النواقل العصبية neurotransmitter يسمى الاستيلكولين acetylcholine، وذلك بسبب المرض. ولما كانت هذه الأدوية تحصر block الإنزيم المسؤول عن التفكيك الاعتيادي للاستيلكولين، فإنها تزيد كميات هذا الناقل العصبي الذي تنضب كميته عادة بدونها وتكون النتيجة إذاً تنشيط العصبونات وتحفيز تفكير أوضح. ولكن هذه العقاقير تصبح نمطاً عديمة الجدوى في غضون ما بين ستة أشهر إلى سنة لأنها لا تستطيع إيقاف التدمير القاسي للعصبونات. وثمة دواء آخر، يدعى ميمانتين memantine، يبدو أنه يبطئ التدهور المعرفي cognitive لدى المرضى الذين إصابتهم بالزهايمر معتدلة إلى شديدة، وذلك عن طريق حصر الفعالية المفرطة لناقل عصبي آخر مختلف هو الكلوتامات glutamate، ولكن الباحثين لم يحددوا بعد إذا كانت مفاعيل هذا العقار تدوم أكثر من سنة واحدة قبل أكثر من عقد من الزمن كانت فئة قليلة من الناس متفائلة حول توقعات قهر داء

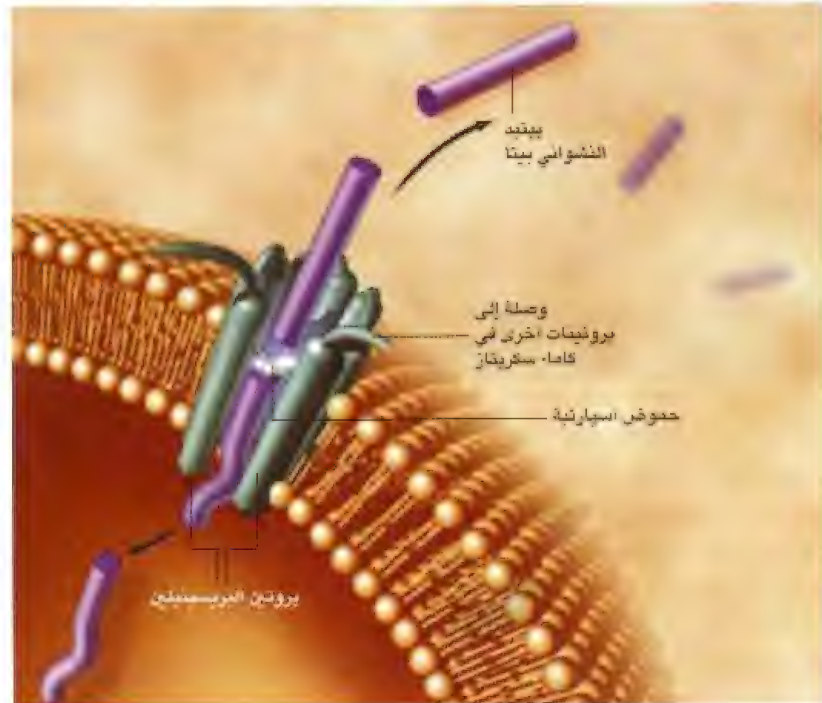
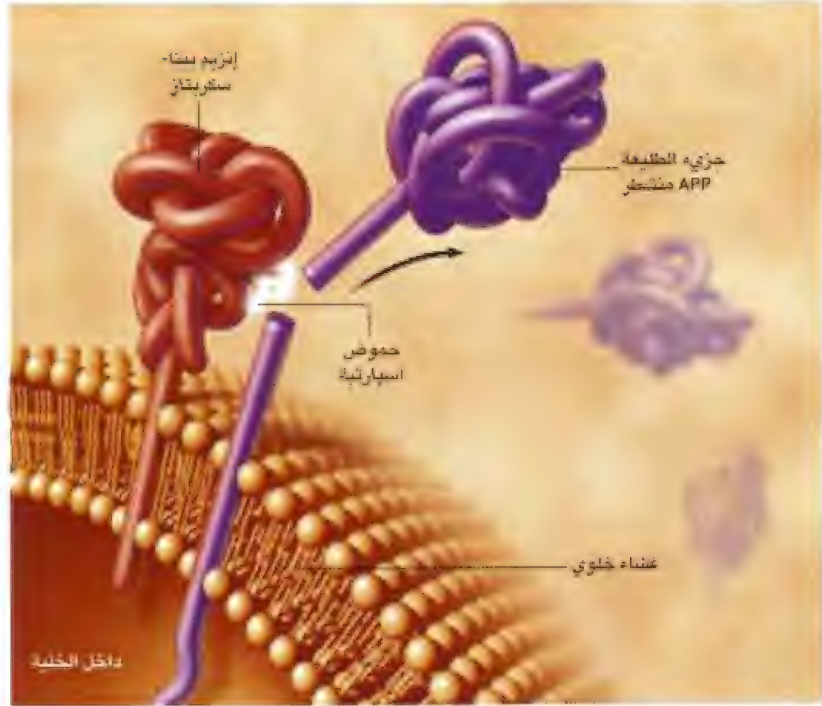
نظرة إجمالية/ أمل جديد للمسنين

- ركز العلماء اهتمامهم على فرضية أن بيتيدا يدعى النشواني بيتا A-beta يتسبب في تعطيل وموت الخلايا الدماغية لدى مرضى داء ألزهايمر.
- تطور الباحثون حالياً عقاقير تستطيع تثبيط إنتاج النشواني بيتا، كما يطورون معالجات تستطيع ثني هذا الببتيد عن إيذاء العصبونات.
- ثمة بضعة عقاقير مرشحة هي حالياً قيد الاختبار السريري لتقرير ما إذا كانت تستطيع إبطاء أو إيقاف التدهور العقلي القاسي الذي يسببه داء ألزهايمر.

The Amyloid Hypothesis (1)
Overview/ New Hope for the Old (100)
Alois Alzheimer (11)
short peptide (2)
beta-secretase (3)
gamma-secretase (1)

القطع الأقسى^(١)

حسب فرضية الشلال النشواني، يبدأ داء الزهايمر بتكدس النشواني بيتا A-beta المقطوع من بروتين طليعة هذا النشواني (APP) في الخطوة الأولى (في الأعلى) يعتمد إنزيم يدعى بيتا سكريتاز إلى فص الطليعة APP في الجزء الواقع خارج الغشاء الخلوي وذلك بمساعدة الحموض الأسباريكية التي تجعل جزيئات الماء أكثر تفاعلاً. لم يقوم بروتين البريسينيلين، وهو أحد مكونات الإنزيم كاما-سكريتاز، بقطع الكتلة الباقية من الطليعة APP الموجودة داخل الغشاء الخلوي، مطلقاً بذلك النشواني بيتا (في أسفل الشكل) ونمة عفاقير وأعدت تنشط فعالية الإنزيم كاما-سكريتاز، وعفاقير أخرى تجعل هذا الإنزيم يقطع الطليعة APP في موقع مختلف بحيث بولد شكلاً قصيراً أقل إبداءاً من النشواني بيتا.



النشواني بيتا يتلاصق ببعضها ببعض لتشكل تجمعات صغيرة ذوابة وفي بداية تسعينات القرن الماضي، بين T P₃₀ لانسبورج جونير، [الذي يعمل حالياً في كلية طب هارفرد] أنه في حالة التراكيز العالية بالقدر الكافي، يمكن لجزيئات النشواني بيتا في أنبوب الاختبار أن تتجمع في بنى خيطية الشكل تشبه تلك الموجودة في لويحات داء الزهايمر وتتصف تجمعات النشواني بيتا الذوابة وكذلك الباقية بأنها تُسمم العصبونات المستتبطة في أطباق بتري. وبأن هذه التجمعات تستطيع أن تتدخل في سيرورات حدية تخص التعلم والذاكرة لدى الفئران.

صحيح أن هذه المكتشفات قد دعمت فرضية الشلال النشواني، لكن الدليل الأقوى جاء من دراسات على أسر ذات خطورة عالية للإصابة بداء الزهايمر فأفراد هذه العائلات يحملون طفرات جينية نادرة تؤهبهم لهذا المرض في عمر صغير نسبياً، وقبل سن الستين نظماً ففي عام 1991 اكتشف 1. هاردي [ويعمل حالياً في المعهد الوطني للشيخوخة في الولايات المتحدة] وزملاؤه أول مثل لهذه الطفرات في الجينة التي تـكوـد encode الطليعة APP. وتؤثر على الخصوص في بقم البروتين الموجودة داخل وحول منطقة النشواني. وسرعان ما وجد بعد ذلك كل من D. سلوكو [من هارفرد] و S. يونكين [من مايوكلينيك في جاكسون فيل بولاية فلوريدا] (كل على حدة) أن هذه الطفرات تزيد من تشكيل النشواني عموماً أو نمط خاص منه هو عرضة بشكل كبير لتكوين ترسبات وأكثر من ذلك، فإن الأشخاص ذوي متلازمة داون الذين يحملون ثلاث نسخ من الصبغي 21 بدلاً من نسختين، معرضون أكثر من غيرهم للإصابة بداء الزهايمر في منتصف أعمارهم وبما أن الصبغي 21 يحتوي على جينة الطليعة APP، فإن الأشخاص المصابين بمتلازمة داون يصعبون كميات أعلى من النشواني منذ الولادة. ويمكن أن تظهر الترسبات النشوانية في أدمغتهم منذ بلوغهم سن الثانية عشرة.

وسرعان ما اكتشف الباحثون روابط أخرى بين داء الزهايمر وبين الجينات التي تنظم إنتاج النشواني بيتا ففي عام 1995

The Unkindest Cut (١)
path dishes (١)
Down syndrome (٢)

إزالة قشك الدماغ

تتمثل إحدى استراتيجيات محاربة داء الزهايمر في إزالة كداسات النشواني بيتا السامة من الدماغ



المعروفة بتسببها داء الزهايمر في وقت مبكر بتكوين طليعة النشواني بيتا، في حين تخصص الجينتان الأخريان مكونات إنزيم بروتينازي يساعد على تصنيع الببتيد المؤذي ثم إن العلماء وجدوا أن الأشخاص الذين

presenilin 2 & presenilin 1 (1)

أو الأربعينات من العمر وقد بيّنت دراسات لاحقة أن هذه الطفورات تحلّل جزء الشوانى بيتا الأكثر عرضة للتكتّل. ونعلم حاليا أن البيروتينات المكوّنة بجينات البريسينيلين هي جزء من إنزيم كاما-سكرتاز

حدد > جورج هايسلوبه وزملاؤه [في جامعة تورونتو] طفرات في جينتين مرتبطتين سُميتا بريسيتينين 1 وبريسيتينين 2 وسببان أشكالا شرسة من داء الزهايمر في وقت مبكر جداً، إن تظهر هذه الأشكال نمطياً حينما يكون حامله أي حاملته في الثلاثينات

من المحتمل جدا أن تؤدي تشكيلة من العوامل الجينية دورا في هجوم هذا المرض.

يحملون انحرافا معيَّنا في الجينة التي تكوِّد أبوليوبرووتين apolipoprotein E، وهو بروتين يساعد على تجميع ببتيدات النشواني بيتا في تكتلات وخيوط، كانوا أكثر عرضة للإصابة لاحقا بداء الزهايمر. ومن المحتمل جدا وجود تشكيلة من العوامل تؤدي دورا في ابتداء هذا المرض. مع إسهام صغير لكل منها؛ كما تشير الدراسات على الفئران أن العوامل البيئية يمكن أن تؤثر كذلك في خطورة هذا المرض (ونذكر أن التمارين الرياضية على سبيل المثال قد تقلل من هذه الخطورة).

ومازال العلماء لا يعرفون بدقة كيف تتمزق تجمعات النشواني بيتا الذوابة وخيوطه غير الذوابة فتقتل العصبونات. ومع ذلك، فإن الأدلة تشير إلى أن كداسات النشواني بيتا خارج عصبون ما تستطيع قرح شلال من الحوادث يتضمن تحويل بروتينات التاو tau في داخل الخلية. وبصورة خاصة، تستطيع كداسات النشواني بيتا هذه أن تغير في نهاية المطاف الفعالية الخلوية لإنزيمات تدعى كينازات kinases تعمل على إدخال الفسفات في البروتينات. فالكينازات المصابة تضعف كثيرا من الفسفات إلى التاو أكثر من اللازم، فتغير بذلك الخواص الكيميائية للبروتينات وتجعلها تشكل خيوطا ملتفة تقوم بدورها بقتل العصبون على نحو ما، ربما لكونها تمرق الأنبيبات الميكروية التي تنقل البروتينات وجزيئات كبيرة أخرى على طول المحاور والتغصينات. ونشير هنا إلى أن الطفرات في جينة التاو نفسها تستطيع أيضا أن تولد خيوط تاو وتسبب أنماطا أخرى من الأمراض التنكسية إلى جانب داء الزهايمر. وهكذا، فإن تشكّل خيوط التاو (وهو في الظاهر حدث أكثر عمومية) يفضي إلى الموت العصبي في حين أن النشواني بيتا هو مستهل نوعي لداء الزهايمر.

تشديد المقص الجزيئي

إذا أخذنا بالحسبان في سيروية هذا الداء الدور الحدي للنشواني بيتا، تكون

البروتينات التي تولد هذا الببتيد هدفا واضحا للعقاقير التي يمكن أن تثبط فعاليتها. فقد ثبت اعتبار مثبطات البروتينات فعالة جدا في معالجة اضطرابات أخرى مثل الأيدز وفقرط ضغط الدم ونشير هنا إلى أن أول خطوة في تشكيل النشواني بيتا يبدأها بيتا-سكرتاز الذي هو بروتين يحذف من الطليعة APP الكتلة الموجودة خارج الغشاء الخلوي. وفي عام 1999 اكتشفت خمس مجموعات بحثية مختلفة هذا الإنزيم، الذي يتوافر بشكل خاص في عصبونات الدماغ ومع أن بيتا-سكرتاز ينشأ إلى الغشاء، فإنه يشبه مجموعة جزيئية من البروتينات موجودة في الأوساط المائية داخل وخارج الخلايا. إن عناصر هذه المجموعة الجزيئية، التي تضم البروتينات المتورط في استنساخ الفيروس HIV، الذي يسبب الأيدز، تعتمد إلى استخدام حمض الأسبارتيك (وهو نمط من الحموض الأمينية) من أجل تحفيز catalyze تفاعل تقطيع البروتين ونشير في هذا الصدد إلى أن جميع البروتينات تستخدم الماء في تقطيع البروتينات الخاصة بها، وتستخدم الإنزيمات في عائلة البروتينات الأسبرتيكية زوجا من الحموض الأسبارتيكية لتفعيل جزيء ماء من أجل هذا الغرض.

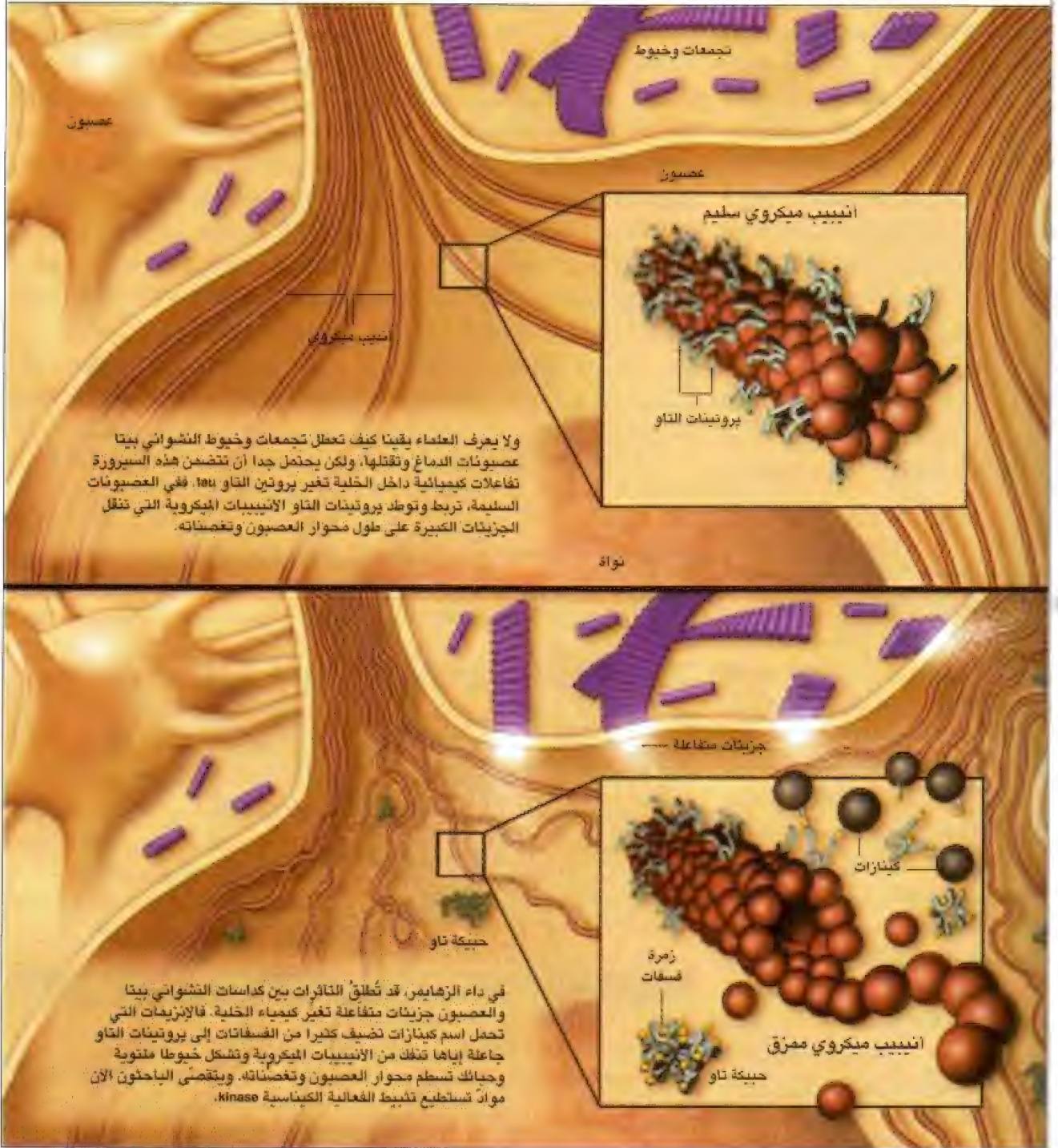
ولما كان بيتا-سكرتاز يقع بوضوح ضمن هذه العائلة، استطاع الباحثون استغلال المعرفة الواسعة بهذه البروتينات وصولا إلى فهم مفصل جدا عن هذا الإنزيم والطريقة التي يمكن بها إيقاف عمله. وفي الواقع، يعرف الباحثون سلفا البنية الثلاثية الأبعاد للإنزيم بيتا-سكرتاز واستخدموها مرشدا لتصميم ميني على الحاسوب لعقاقير مثبطة محتملة. وتوحي الدراسات الجينية بأن حصر blocking نشاط هذا الإنزيم لن يفضي إلى تأثيرات جانبية مؤذية، إذ إن حذف الجينة التي تكوِّد بيتا-سكرتاز لدى الفئران أوقف تشكيل النشواني بيتا في أدمغتها من دون أن يسبب ذلك لديها أي عواقب سلبية ظاهرة. ولكن مثبطات بيتا-سكرتاز في الوقت الحاضر مازالت غير جاهزة بعد للتجريب السريري. ويكمن التحدي الرئيسي في إيجاد مركبات فعالة

صغيرة بقدر كافٍ لاخترق الدماغ على نحو فاعل. ونذكر هنا أن الشعريات في الدماغ، خلافا للأوعية الدموية في أنحاء الجسم الأخرى، تبطنها خلايا بطانية محكمة الارتصاص. وبسبب قلة الثغرات بين هذه الخلايا، يجب على مثبطات البروتينات أن تستطيع اجتياز الأغشية الخلوية وصولا إلى النسيج الدماغي الكائنة خلف هذه الخلايا البطانية، حيث إن معظم الجزيئات الكبيرة لا تستطيع فتح ثغرة في ما يسمى الحائل الدموي الدماغي blood-brain barrier.

أما الإنزيم المسمى كاما-سكرتاز فإنه ينجز الخطوة الثانية في تشكيل النشواني بيتا المتمثلة في قطع الكتلة المتبقية من الطليعة APP بعد التشطر الذي أحدثه بيتا-سكرتاز فالإنزيم كاما-سكرتاز يحقق هذا الإنجاز غير العادي باستخدام الماء لقطع البروتين الموجود داخل الوسط الكاره للماء في الجهة الأخرى من الغشاء الخلوي. وقد ثبتت أهمية اثنتين من الدالات clues في فهمنا لهذا البروتين. أولا، لقد وجد «B. دوستروبر» [من الجامعة الكاثوليكية في لوفان بلجيكا] في عام 1998 أن شطب الجينة بريسينيلين-1 في الفئران بشكل جيني يقلل إلى حد بعيد قص الطليعة APP من قبل كاما-سكرتاز. الأمر الذي يبين أن البروتين الذي تكوِّد هذه الجينة أساسي لعمل هذا الإنزيم. ثانيا، لقد اكتُشف في مختبري [يوم كنت في جامعة تينيسي بمدينة ممفيس] أن مركبات من الفئة الكيميائية نفسها كالمثبطات الكلاسيكية للبروتينات الأسبرتيكية aspartyl proteases، تستطيع حصر التشطر الذي يحدثه كاما-سكرتاز للطليعة APP في الخلايا. وتوحي هذه النتيجة بأن كاما-سكرتاز، مثله مثل بيتا-سكرتاز، يحتوي على زوج من الأحماض الأسبارتيكية ضروري لتحفيز تفاعل تقطيع البروتين.

تأسيسا على هذه المشاهدات، افترضنا أن بروتين البريسينيلين قد يكون بروتينازا أسبرتيكيا aspartyl استثنائيا مغرورا داخل حبكة الأغشية الخلوية. وبينما كنت في إجازة تفرغ للبحث العلمي أقضيها في جامعة هارفرد، وبالتعاون مع «W. كسيا»،

يقوم الباحثون أيضا بدراسة اساليب لإحसार المراحل الأخيرة من الشلل النشواني لدى مرضى داء الزهايمر.



لتحقيق مهماتها الحيوية الكيميائية. وأكثر من ذلك، تعتبر مثبطات الإنزيم كاما-سكريتاز جزيئات صغيرة نسبيا تستطيع التغلغل داخل الأغشية لتتمكن من اقتحام الحائل الدموي الدماغي.

The Fatal Blow (١٠)

بالبريسينيلين وأن ثلاثة بروتينات أخرى مطمورة بالغشاء يجب أن تتجمع مع البريسينيلين لتتيح له أن يقرى على التحفيز ويعترف اليوم بأن كاما-سكريتاز هو عنصر مؤسس في صف جديد من الهرمونات يستعمل الماء بمهارة داخل الأغشية الخلوية

حدثنا هوية حمضين اسبارتئين aspartic في البريسينيلين الذي تنبأنا بأنه يقع داخل الغشاء، وبينما أن هذين الحمضين أساسيان لتشطّر كاما-سكريتاز الذي يولد النشواني بيتا. كما بينا لاحقا نحن وآخرون غيرنا، أن مثبطات الإنزيم كاما-سكريتاز ترتبط مباشرة

وقبل سنتين تحدثت إلى طلبة الصف الخامس، ومن بينهم أصغر ابنائي. حول العمل في مختبري شارحا موضوع النشواني وكيف نأمل في حصر الإنزيمات المسؤولة بغية اكتشاف أدوية جديدة لداء الزهايمر. وقد قاطعني أحد الطلبة سائلا: «ولكن ماذا لو كان ذلك الإنزيم يفعل شيئا ما مهما» ربما يؤدي حجزه إلى إيذاء صاحبه! إن هذا القلق الذي ساور ابن العاشرة عمرا هو قلق حقيقي جدا. إذ إن إمكانية أن يكون كاما-سكربتاز هدفا علاجيا تعيقها الآن حقيقة كون هذا الإنزيم يؤدي دورا حديا في نضج خلايا سليفة precursor cells غير متميزة في أنحاء مختلفة من الجسم، مثل الخلايا الجذعية في نقي العظام التي تتطور إلى خلايا دموية حمراء وخلايا لمفاوية. وعلى وجه

النوتش Notch. ولا تتأثر هذه الجزيئات مع الحموض الأمينية لكاما-سكربتاز، بل عوضا عن ذلك ترتبط بمكان آخر على الإنزيم وتغير شكله. تستطيع بعض المثبطات أن تحجم بشكل نوعي نسخة النشواني بيتا الأكثر ميلا إلى التكدس، وذلك لصالح بيتيد أقصر لا يتكثف بتلك السهولة وقد تبين أن أحد هذه الأدوية (وهو الفلوريزان Flurizan) (قام بتحديد هويته فريق بحث برئاسة «إي كو» [من جامعة كاليفورنيا] و«T كولد» [من مايوكلينيك]) واعد إلى حد كبير لدى مرضى المرحلة المبكرة من داء الزهايمر. ويدخل الآن الطور الثالث Phase III الأكثر تقدما في التجريب السريري الذي سيشمل ما ينوف على ألف من هؤلاء المرضى على امتداد الولايات المتحدة الأمريكية

يوما بعد يوم، يستشعر العلماء الأمل في قهر داء الزهايمر، مع أن «الأمل» كلمة لا تصاحب عادة هذا الداء.

التحديد. يقص الإنزيم كاما-سكربتاز بروتينا حلويا سطحيا يدعى مُستقبل نوتش Notch receptor، وتنطلق قطعة النوتش من الغشاء إلى داخل الخلية ثم ترسل إشارة إلى النواة التي تتحكم في مصير الخلية.

تسبب الجرعات العالية من مثبطات كاما-سكربتاز تأثيرات سمية شديدة لدى الفئران، وذلك نتيجة لتعطّل الإشارة النوتشية Notch signal، مما يؤثر قلقلًا خطيرا بخصوص هذه المعالجة المحتملة ورغم ذلك نجحت الشركة Eli Lilly المصنعة للأدوية في اختبارات سلامة مادة دوائية مرشحة على متطوعين (ويدعى هذا النوع من الاختبار **الطور الأول** phase I للتجريب السريري) وبتهيأ هذا المركب الآن لدخول المستوى الثاني من الاختبار (الطور الثاني phase II) على مرضى مصابين بداء الزهايمر المبكر فضلا عن ذلك، حدد الباحثون هوية جزيئات تستطيع تحوير كاما-سكربتاز على نحو يعيق إنتاج النشواني بيتا من دون أن يؤثر في تشطّر

تنقية الدماغ من التجمعات السامة

ثمة استراتيجيات أخرى لمكافحة داء الزهايمر تتمثل في تنقية الدماغ من تجمعات النشواني بيتا السامة بعد إنتاج الببتيد وتتمثل إحدى المقاربات في التمتع الفعّال active immunization الذي يتضمن تجنيد الجهاز المناعي للمريض من أجل غزو النشواني-بيتا. وفي عام 1999، حقق «D شنك» وزملاؤه [في شركة إيلان من ساوث سان فرانسيسكو] اكتشافا حارقا فحقن النشواني بيتا داخل فئران مُهندَسة وراثيا من أجل تطوير لويحات نشوانية. أدى إلى تنشيط استجابة مناعية أوقفت تشكيل اللويحات في أدمغة الفئران الصغيرة وأزالت اللويحات التي كانت موجودة في الفئران المسنة. فقد أنتجت هذه الفئران أضدادا antibodies تعرّفت النشواني بيتا. ومن ثم حثت هذه الأضداد على ما يبدو الخلايا المناعية الدماغية (أي الدبق الميكروي microglia) على مهاجمة كداسات الببتيد (انظر الإطار في الصفحة 41) وسرعان ما قادت النتائج الإيجابية في الفئران، والتي

تضمنت تحسين التعلّم والذاكرة، إلى إجراء الاختبار على البشر لسوء الحظ، فمع أن حقن النشواني بيتا اجتاز اختبارات السلامة الأولى، نجد أن بضعة مرضى قد ظهر لديهم في اختبارات الطور الثاني التهاب الدماغ encephalitis، مما استدعى إيقاف هذه الدراسة في عام 2002 قبل الأوان. وأشارت أبحاث المتابعة إلى أن هذا العلاج قد يكون سبب الالتهاب عن طريق حث الخلايا الثانية التابعة للجهاز المناعي على القيام بغزوات شرسة على ترسبات النشواني بيتا. ومع ذلك، فقد أكدت التجارب أن العديد من المرضى انتجوا أضدادا للنشواني-بيتا، وأن أولئك الذين تولدت لديهم هذه الأضداد أظهروا تحسنا في الذاكرة والانتباه. لقد أدت مخاوف السلامة بخصوص

التمنيع الفعّال إلى قيام بعض الباحثين بتجارب على التمتع المنفعل passive immunization، الذي يهدف إلى إزالة الببتيد عن طريق حقن أضداد في أجساد المرضى وهذه الأضداد التي جرى إنتاجها في خلايا فأرية وجرى هندستها وراثيا بحيث لا ترفضها أجساد البشر، لا يبدو أنها سوف تسبب التهاب الدماغ، لأنها لن تستنفر استجابة مؤذية من جانب الخلايا الثانية في الدماغ. وقد وصلت المعالجة بالتمنيع المنفعل (التي طورتها الشركة Eli Lilly) إلى الطور الثاني من الاختبارات السريرية.

وإلى حد ما، مازال الغموض يكتنف مقدار استطاعة التمتع الفعّال أو المنفعل في إزالة النشواني بيتا من الدماغ، إذ لم تتضح بعد درجة فعالية عبور الأضداد للحائل الدموي الدماغية. فهناك بعض الأدلة التي توحي بأن هذا الدخول إلى داخل الدماغ غير مطلوب بمعنى أن تشريب النشواني بيتا في أنحاء الجسم قد يفضي إلى رحيل هذا الببتيد من الدماغ، لأن الجزيئات تنحو إلى الانتقال من

Coping the Outwits

التركيز الأعلى إلى التركيز الأخفض ومع أن التصنيع المنفعل يبدو الآن أنه الواعد الأكثر. فإن التصنيع الفعّال مازال يحظى ببعض الاعتبار. إذ تظهر دراسات أولية. بجريها زميلي في هارفرد <C. ليمبير>. أن التصنيع بأحزاء منتقاة من النشواني بيتا بدلا من كامل الببتيد بسنطيع تنبيه الخلايا البائية المولدة للأضداد في الجهاز المناعي بدون استنفار الخلايا الثانية المسؤولة عن التهاب الدماغ

ويتابع باحثون آخرون استراتيجيات غير مناعية لاييقاف تكدس النشواني بيتا. وقد حددت بضع شركات هوية مركبات تتأثر مباشرة مع هذا النشواني لابقا، الببتيد بحالة ذوبان في السائل الموجود خارج العصبونات الدماغية، مما يمنع تشكيل تكتلات مؤذية وتطور حاليا الشركة نيوروشيم Neurochem في كويك (كندا) مركبا اسمه الزهيميد Aizhemed، وهو جزيء صغير يحاكي بوضوح مضاد التخثر الطبيعي المسمى هيبارين heparin والهيبارين يمنع الصفائح في الدم من التكتل في جلطات clots، ولكن حينما يرتبط بتعدد السكريات هذا بالنشواني بيتا، فإنه يجعل الببتيد أكثر ميلا إلى تشكيل ترسبات. وبما أن الزهيميد يرتبط بالمواقع نفسها على النشواني بيتا، فإنه يحصر فعالية الهيبارين، ومن ثم يخفض تكدس الببتيد. ولم يبد هذا المركب أي سمية (أو القليل منها) حتى في حالة الجرعات العالية جدا. وقد حققت للعلاج به بعض التحسّس لدى المرضى القصابين إصابة خفيفة بداء الزهايمر هذا وإن اختبارات الطور الثالث السريرية لهذا العقار المرشّح هي قيد الإجراء حاليا

استهداف النّاو

لكن النشواني لا يشكل سوى نصف مشكلة داء الزهايمر والنصف الآخر، المتمثل في خيوط النّاو tau filaments التي تسبب الحبال العصبونية، يعتبر كذلك هدفا وإعدادا لتكسّ عصبونات الدماغ ويركّز الباحثون اهتمامهم بشكل خاص على تصميم منطّبات تستطيع حصر الكينازات التي تصنع كمية زائدة من الفسفانات فوق النّاو، وتلك خطوة لا غنى عنها في تشكيل الخيوط. صحيح أن هذه الجهود مارالت لم

تقدّم أي عقاقير مرشّحة إلى الاختبارات السريرية. ولكن الأمل معفود بأن تتصافر في نهاية المطاف مثل هذه المركّبات مع المركبات التي تستهدف النشواني بيتا

وكذلك يستكشف الباحثون حاليا ما إذا كانت العقاقير المخفّصة للكوليستيرول والتي تدعى الستاتينات statins (وهي مركبات واسعة الاستخدام لتقليل خطورة الأمراض القلبية). يمكن أن تصبح علاجا لداء الزهايمر أيضا. فالدراسات الوبائية توحي بأن الناس الذين يتناولون الستاتينات تكون خطورة إصابتهم بداء الزهايمر أقل من غيرهم. ولكن سبب هذا الترابط غير واضح كليا فبتخفيض مستويات الكوليستيرول، قد تخفّض هذه العقاقير إنتاج الطبيعة APP، أو ربما تؤثر بشكل مباشر في تشكل النشواني بيتا وذلك عن طريق تثبيط فعالية السكريات المسؤولة. وتحاول حاليا اختبارات الطور الثالث أن تتحقّق ما إذا كانت الستاتينات، مثل عقار ليبتور liptor الذي تنتجه الشركة فايزر، تستطيع حقا أن تمنع داء الزهايمر.

وثمة تطور مثير حديث يتضمّن المعالجة الخلوية cell therapy. فقد أخذ <M نورنسكي> وزملاؤه (في جامعة كاليفورنيا بساندييغو) خزعات جلدية من مرضى مصابين بداء الزهايمر خفيف وعرّضوا الجينة المكوّدة لعامل النمو العصبي NGF داخل هذه الخلايا، ثم وضعوا جراحيا الخلايا المحورة جينيا داخل الدماغ الأمامي لهؤلاء المرضى وكانت فكرتهم تتلخص في أن هذه الخلايا المغروسة سوف تولّد وتفرز العامل NGF، فتمنع بذلك

فقدان العصبونات المولّدة للاستيلكولين وتحسّن بالتالي الذاكرة. لقد كانت المعالجة المبينة على الخلايا استراتيجية ذكية لا يصلح العامل NGF، الذي هو بروتين كبير لا يستطيع بغير ذلك افتتاح الدماغ ومع أن هذه الدراسة لم تشمل إلا عددا قليلا من الأشخاص وافترقت إلى ضوابط مهمة، فقد أظهرت أبحاث المنابعة تباطؤا في التراجع المعرفي cognitive declin وقد اعتبرت النتائج جيدة بما يكفي لتبرير متابعة الاختبارات السريرية

ومع أن بعض هذه المعالجات المحتملة قد لا يلبي طموح العلماء. فإنهم يأملون العثور على مادة واحدة على الأقل تستطيع فعليا أن تخفض أو توقف الفقد التدريجي للعصبونات في الدماغ. ومثل هذا الاختراق العلمي قد ينقذ أرواح ملايين الناس من التدهور المعند الذي ينصف به داء الزهايمر ويمهّد الطريق لدواء تجديدي يستعيد الوظائف العقلية المفقودة

صحيح أن استهداف النشواني بيتا يمكن أن يوقف هجوم داء الزهايمر أو يؤخّر ظهوره، ولكن يبقى من غير الواضح ما إذا كانت هذه الاستراتيجيات ستعالج أو تشفي أولئك المصابين بمراحل متقدمة من ذلك المرض. وعلى كل حال، لا يزال لدى الباحثين أسباب تستدعي التفاؤل الحذر. وقد اقنعت التجاذبات الحديثة في الاكتشافات الكثير منا بأن تنقيبنا عن طرق لمنع داء الزهايمر ومعالجته لن يكون ضربا من العبث

Targeting Tau (*)

المؤلف

Michael S. Wolfe

استاء علم الأعصاب المشارك في مستشفى النساء بكلية طب هارفرد. حيث تركّز أبحاثه على فهم الأساس الجيني لمرض الزهايمر وتحديد الاستراتيجيات العلاجية الفعالة حصل على الدكتوراه في الكيمياء الطبية من جامعة كساس وأسس في مطلع هذا العام مختبرا لعقاقير الزهايمر التجريبية في كلية طب هارفرد وينحصر هذا المختبر بتطوير جزيئات واعدة في عقاقير لداء الزهايمر

مراجع للاستزادة

Decoding Darkness. Rudolph E. Tanzi and Ann B. Parson. Perseus Books Group, 2000

Hard to Forget: An Alzheimer's Story. Charles Pierce. Random House, 2000.

Therapeutic Strategies for Alzheimer's Disease. Michael S. Wolfe in Nature Reviews Drug Discovery, Vol. 1, pages 859-866, November 2002.

More Information can be found online at www.alz.org and www.alzforum.org

Scientific American, May 2006

إحباط الإرهاب النووي

يحتوي الكثير من المفاعلات النووية المدنية على يورانيوم عالي التخصيب يمكن أن يستغله إرهابيون لصنع قنابل نووية.

(A. كلازر - N.F. فون هيل)

الصغير» لم يجروا اختباراً نووياً على التصميم قبل إلقاء المتفجرة، إذ لم يكن لديهم أدنى شك في انفجارها بمجرد قذح زناد «البندقية». ولذلك يُقر الخبراء بأنه في مقدور مجموعة إرهابية منظمة جيداً إنتاج آلية حسنة الأداء، من نمط البندقية وفي الحقيقة، أبدى بعض هؤلاء الخبراء مخاوف في محلّها حول إمكان اختراق بعض الانتحاريين لمنشآت تخزين اليورانيوم العالي التخصيب وإنشاء ما يشبه الجهاز النووي المرتجل، ثم تفجيرها قبل أن يتمكن الحراس من التصدي لهم.

ومع أن إنتاج اليورانيوم العالي التخصيب بعيد عن متناول الهيئات غير الحكومية، فإن حيازته من خلال السرقة أو الشراء من السوق السوداء ليست كذلك، فالأرض مملوكة بنحو 1800 طن من هذه المادة التي تمّ تخصيبها أثناء الحرب الباردة بواسطة الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفييتي أساساً.

حيث يمكن حالياً العثور على اليورانيوم العالي التخصيب في مواقع عسكرية ومدنية على حدّ سواء، لكننا سوف نركز اهتمامنا على اليورانيوم العالي التخصيب المتوافر في المنشآت المدنية، أو المراد استخدامه كوقود في المفاعلات النووية البحثية وسنُعي بصورة خاصة باليورانيوم العالي التخصيب المدني لأنه

نوي من قبل دول قليلة وبعض حلفائها خلال الستين سنة التي تلت الحرب العالمية الثانية لم يحدث حتى الآن أيّ تدمير نووي مشابه، اللهم إلا ما يظهر اليوم من تهديدات مخيفة إضافية، حيث يمكن لمنظمة إرهابية محلية مثل «القاعدة» أن تحصل على اليورانيوم العالي التخصيب وتشتي صاعقاً بسيطاً من نمط البندقية، ثم تستعمل السلاح النووي الناتج ضدّ هدف مدني واليورانيوم العالي التخصيب هو فلز اليورانيوم الذي تبلغ فيه نسبة اليورانيوم 235 (وهو النظير القادر على تغذية التفاعل التسلسلي النووي) نحو 20% من وزنه على الأقل.

إنّ الهندسة التي يتطلبها بناء قنبلة ذرية من نمط البندقية بسيطة للغاية إلى حدّ أن الفيزيائيين الذين صمّموا «الصبي

احتوت القنبلة التي أحرقت مدينة هيروشيما اليابانية في نهاية الحرب العالمية الثانية على نحو 60 كيلوغراماً من اليورانيوم التسلسلي التفاعل وعندما فرقت المتفجرة الأمريكية «الصبي الصغير»⁽¹⁾ فوق المرفأ المشؤوم أطلق قسماً من شحنة القنبلة - دون الكتلة الحرجة - على القسم الآخر بواسطة آلية بسيطة نسبياً تشبه آلية البندقية، مما سبّب زيادة كتلة اليورانيوم 235 في القسمين عن الكتلة الحرجة وانفجارها بقوة تعادل خمسة عشر ألف طن من مادة الـ TNT. أمّا القنبلة التي دمّرت ناغازاكي بعد ذلك بعدة أيام فقد استعملت شحنتها المتفجرة البلوتونيوم بدلاً من اليورانيوم، مما تطلّب استعمال تقانة أكثر تعقيداً لتفجيرها.

ورغم إنتاج أكثر من مئة ألف سلاح

نظرة إجمالية/ حماية اليورانيوم 235 في الاستخدامات المدنية

- يمكن للإرهابيين الذين حصلوا على أقل من 100 كيلوغرام من اليورانيوم العالي التخصيب بناء قنبلة ذرية بدائية (ولكن فعالة) وتفجيرها بشيء من السهولة. كما أن اليورانيوم العالي التخصيب جذاب بالنسبة للدول التي تبحث في الخفاء عن تطوير أسلحة نووية أيضاً من دون إجراء اختبارات عليها.
- لسوء الحظ، غالباً ما تُخزن كميات كبيرة من اليورانيوم العالي التخصيب في منشآت الأبحاث النووية عبر العالم (بشكل خاص في روسيا) ضمن شروط أمن.
- أقامت الولايات المتحدة الأمريكية وحلفاؤها برامج لمساندة الإجراءات الأمنية ولتحويل المفاعلات لاستعمال اليورانيوم المنخفض التخصيب (الذي لا يمكن استعماله في الأسلحة) ولإستعادة اليورانيوم العالي التخصيب من المفاعلات النووية عبر العالم، ومع ذلك تظل بعض الثغرات الخطرة موجودة.
- يمكن أن يحرز اهتمام حكومي عالي المستوى، مع بعض الدعم المادي تقدماً حقيقياً في حل هذه المشكلة تماماً.



إن الوميح اللازوردي اللون لإشعاع شرنكوف في حوض التبريد المائي لمفاعل الأبحاث النووية يشير إلى تعبئة المنظومة بالوقود النووي وأنها قيد العمل. وفي العديد من الحالات تتساهل المنشآت المدنية في تطبيق الإجراءات الأمنية لحماية وقود اليورانيوم العالي التخصيب، مما يفسح المجال أمام سرقة هذه المواد أو استيلاء المجموعات الإرهابية عليها.

معظم المفاعلات البحثية باليورانيوم العالي التخصيب المستعمل في القنابل الذي كان ينتجه الندأ بكميات كبيرة للأسلحة النووية. وتحتوي هذه المادة العالية التركيز على نحو 90% من اليورانيوم 235. وبحلول نهاية عام 2005 يبقى نحو 10 أطنان مترية من اليورانيوم العالي التخصيب المستعمل في القنابل متوافراً عند دول لا تملك أسلحة

Low-Enriched Uranium (LEU) ١٠

أجل السلام» ولما كانت القوتان العظميان للحرب الباردة قد بنيتا المبانيات من المفاعلات البحثية لأنفسهما، فقد قدمتا في الوقت نفسه هذه المنشآت إلى نحو خمسين دولة لنيل تأييدها السياسي ولإنشاء تقانات مفاعلاتها في الخارج. وتم لاحقاً تخفيف قيود التصدير، استجابة للاحتياجات إلى وقود نووي لفترات أطول، وهذا ما أدى إلى نزويد

محروس بحماية أقل من حماية المخازن العسكرية. (وقود اليورانيوم المستعمل في توليد الكهرباء في مفاعلات الطاقة النووية يكون مخصباً بقدر طفيف يراوح بين 3 و5% من وزنه من اليورانيوم 235)

يتوافر أكثر من خمسين طناً من اليورانيوم العالي التخصيب في الاستعمال المدني منتشرة حول العالم لتزويد نحو 140 مفاعلاً تستعمل في الأبحاث العلمية أو الصناعية أو في إنتاج نظائر مشعة لازمة لأغراض طبية. وغالباً ما توجد هذه المنشآت في مناطق حضرية وتكون محمية بأقل قدر ممكن من الحراسة والمنظومات الأمنية. وأكثر ما يدعو إلى القلق هو مجمعات المفاعلات الروسية المزودة باليورانيوم العالي التخصيب، فهي تشكل ثلث عدد المفاعلات في العالم ويوجد فيها ما يزيد على نصف مجموع اليورانيوم العالي التخصيب المدني

من الضروري تحسين منظومات الأمن [انظر الإطار في الصفحة 52] لكن الحل الأكثر فعالية على المدى الطويل لمواجهة الخطر الذي يفرضه الإرهاب النووي يتمثل في إقصاء استعمال اليورانيوم العالي التخصيب بقدر الإمكان والتخلص من المخزونات المتراكمة، ثم إنه يجب تخفيف اليورانيوم العالي التخصيب الذي تحصل عليه باليورانيوم 238 (وهو أكثر نظائر اليورانيوم التي لا يمكنها تعزيز تفاعل تسلسلي) لإنتاج ما يسميه الاختصاصيون اليورانيوم المنخفض التخصيب^{١١} (وهو يحتوي على أقل من 20% من اليورانيوم 235) الذي لا يمكن استعماله في الأسلحة.

يرجع منشأ اليورانيوم العالي التخصيب في الكثير من المنشآت المدنية إلى جهود التنافس بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفييتي خلال فترة الخمسينات والستينات من القرن الماضي التي تعرف بحقبة «الذرة من

مخطط قنبلة

إذا حصل الإرهابيون على 60 كيلوغرام من اليورانيوم العالي التخصيب فسبكون بإمكانهم عمل قنبلة نووية شبيهة بقنبلة «الصبي الصغير» التي دُكَّت هيروشيما في نهاية الحرب العالمية الثانية (المخطط في الأسفل) يمكن لصانعي القنبلة وضع كتلة ذرة الكتلة الحرجة من اليورانيوم على شكل قذيفة ووضعها في مواجهة كمية من الوقود الداسر في النهاية القصوى للأسطوانة المغلقة. ويوضع باقي اليورانيوم (ذو كتلة دون حرجة أيضا) في النهاية القصوى الأخرى للأسطوانة «البندقية». وبسبب قُدح الوقود إرسال القذيفة إلى الجانب الآخر من الأسطوانة بحيث ترتطم بعنف بكتلة اليورانيوم الثانية وهكذا يصبح مجموع الكتلتين أعلى من الكتلة الحرجة مما يحدث تفاعلا تسلسليا نوويا متفجرا



استرداد الوقود الصالح لصنع الأسلحة***

اليورانيوم المنخفض التخصيب فابن على مصممي وحدات الوقود زيادة كمية اليورانيوم في وحدات وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب بنحو خمس مرات دون زيادة أبعادها. وبعد مضي سنوات من العمل. يشارف البرنامج الصغير لتطوير وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب على التحكم في طرائق صناعة جيل جديد واعد من الوقود العالي الكثافة.

بدأت الولايات المتحدة في التسعينات من القرن الماضي بالتعاون مع روسيا في حماية مخزونات اليورانيوم العالي التخصيب والتخلص منها وقد حفّر هذا الجهد ظهور سرقات وقود اليورانيوم العالي التخصيب غير المستعمل بعد في روسيا وجمهورية الاتحاد السوفييتي السابق، وعادة ما كانت السرقة تسجل من قبل الحكومات عند استعادة المادة فقط، ولا أحد خارج روسيا (وربما في داخلها) يعرف كمية المواد المسروقة وللحد من كمية اليورانيوم العالي التخصيب في روسيا والتي توجد في متناول أشخاص لا صلاحية لهم في ذلك، أنشأت الولايات المتحدة عام 1999 برنامج تجميع المواد وتحولها لحيازة نحو 17 طنا من الفاتن الروسي لليورانيوم العالي التخصيب المدني ثم مزجها. ومع حلول نهاية عام 2005 تم تخفيف نحو سبعة أطنان إلى مستويات عشرين في المئة من محتواها من اليورانيوم 235.

ويركّز مجهود آخر على الوقود المستنفد للمفاعل من اليورانيوم العالي التخصيب وعلى الرغم من استهلاك نصف كمية اليورانيوم 235 عبر تفاعل الانشطار النووي التسلسلي داخل لب

وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب في نحو عشرة مفاعلات بحثية عالية الطاقة إلى حين تطوير أنماط جديدة من اليورانيوم المنخفض التخصيب بأداء يناسب عملها تضم هذه المفاعلات العالية الطاقة (التي تحرق حاليا نحو 400 كيلوغرام من اليورانيوم العالي التخصيب كل عام) لباً مدمجا مصمما بحيث تزيد إلى الحد الأعظمي من تدفق النيوترونات في تجارب تبعثر scattering النيوترونات أو اختبارات المواد التي تتطلب مستويات تشعيع عالية ولا يعمل الوقود المعتمد على اليورانيوم المنخفض التخصيب بشكل مرض ضمن لب المفاعلات المدمجة المصممة أصلا لوقود اليورانيوم العالي التخصيب.

لتقليص أثر التحويل في تصاميم المفاعلات العالية الطاقة إلى أدنى حد ممكن يحتاج الباحثون في برنامج مفاعلات الأبحاث وفي التجارب المقلّصة التخصيب إلى تصنيع وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب بالهندسة وزمن الحياة نفسهما كما في وقود اليورانيوم العالي التخصيب، ولكن ذلك يشكل تحدياً تقنيا كبيرا وبسبب وجود نحو أربع نرات يورانيوم 238 مقابل كل ذرة يورانيوم 235 في

نووية، وهذا ما يكفي لصنع ما يراوح بين 150 و 200 متفجرة نووية.

تحويل المفاعلات***

في سبعينات القرن الماضي بدأت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية أولا باتخاذ خطوات لمنع تحويل وقود المفاعلات البحثية التي صدرتها خلال العقدين السابقين إلى أسلحة نووية. وبهذا الخصوص أطلقت وزارة الطاقة عام 1978 برنامج مفاعلات الأبحاث والتجارب المقلّصة التخصيب " لتحويل المفاعلات الأمريكية التصميم بحيث يمكنها العمل بوساطة وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب. ومع نهاية عام 2005 تم تحويل 41 وحدة منها. حيث تلقّت هذه المنشآت المحولة مجتمعة شحنات تصل إلى نحو 250 كيلوغرام من اليورانيوم العالي التخصيب المستعمل في القنابل من الولايات المتحدة الأمريكية كل سنة يتم حاليا استبدال أو التخطيط لاستبدال اثنين وأربعين مفاعلا إضافيا تستخدم اليورانيوم العالي التخصيب وليسوء الحظ لن يكون ممكنا الانتقال إلى

Blueprint for a Bomb (1-1)

Convert Reactors (1-1)

Retrieve Weaponizable Fuel (1-1)

Reduced Enrichment for Research and Test Reactors (1-1)

(REPTR) program

spent HEU reactor fuel (1-1)

ما يحتاج إليه الإرهابيون النوويون

لصنع أسلحة نووية، يجب على الإرهابيين أولاً شراء مصدر لليورانيوم العالي التخصيب أو سرقة ويتوافر اليورانيوم في الطبيعة من نظير اليورانيوم 238 أساساً (وهو لا يغذي تفاعل الانشطار التسلسلي عندما يمتص نيوترونات) ونسبة ضئيلة جداً (نحو 0.7 في المئة) من نظير اليورانيوم 235 الذي يغذي تفاعل الانشطار التسلسلي. حيث يختلف النظيران في الوزن بنحو واحد في المئة. ويمكن للمهندسين استغلال هذه الخاصية لفصل أحدهما عن الآخر وتركيز (أي تخصيب) اليورانيوم 235. ولكن لا يمكن للإرهابيين إجراء هذه العمليات بأنفسهم لأن جميع الطرائق المعروفة صعبة ومكلفة جداً وتحتاج إلى وقت طويل في كتلة دون حرجة بالكاد من اليورانيوم العالي التخصيب سيسبب نيوترون واحد (في المتوسط) من النيوترونين أو الثلاثة المنطلقة من نوى اليورانيوم 235 حدوث انشطار نواة أخرى وستنفذ معظم النيوترونات الباقية عبر سطح المادة ولا يحدث أي انفجار. لتحقيق قنبلة من نمط البندقية يحتاج المهندسون إلى كتلتين حرجيتين على الأقل بحيث يسبب انشطار واحد حدوث أكثر من انشطار بعده (في المتوسط). وهذا ما يولد تفاعلاً تسلسلياً انفجارياً يتعاظم بشكل أسّي مثل التفاعل الذي حرر الطاقة من قنبلة هيروشيما في غضون جزء من مليون من الثانية.



وتكفي كتلة تقل عن الكتلة الحرجة لإنتاج قنبلة ناغازاكي من النمط التوقيضي^(*) وفي هذا التصميم تُنقل كتلة اليورانيوم إلى الحد فوق الحرج عبر ضغطها باستعمال عبوات متفجرة تغلفها. يقلص هذا التقيؤ من الفراغات بين النوى التي يمكن للنيوترونات النفاذ من خلالها دون إحداث انشطارات يحتوي يورانيوم القنابل على نحو 90 في المئة أو أكثر من اليورانيوم 235 (أي النواة الانشطارية Fissile). ولكن الخبراء أوصوا وكالة الطاقة الذرية الدولية أن مجمل أنواع اليورانيوم العالي التخصيب (أي خليط يورانيوم يتجاوز فيه اليورانيوم 235 نسبة 20 في المئة) يجب اعتباره «مادة للاستخدام المباشر»، بمعنى أنها صالحة للاستخدام في أسلحة نووية. أما دون هذه النسبة فإن الكتلة الحرجة تصبح كبيرة جداً بحيث لا يمكن وضعها في رأس نووي ذي حجم معقول. على سبيل المثال، لإنتاج كتلة حرجة باستعمال يورانيوم مخضب بنسبة 93 في المئة محاط بطبقة بربليوم سماكتها خمسة سنتيمترات لعكس النيوترونات نحتاج إلى 22 كيلوغرام، في حين أننا نحتاج إلى نحو 400 كيلوغرام إذا ما استعملنا اليورانيوم المخضب بنسبة 20 في المئة.

المفاعل فإن الوقود المستعمل يُنزع بعد مضي وقت معين وتظل نسبة اليورانيوم 235 تشكل 80 في المئة من اليورانيوم المتبقي. أي التركيز ذاته لليورانيوم المستعمل في الشحنة الذرية لقنبلة هيروشيما.

يظل الوقود المستنفذ سنوات عديدة بعد نزعها من المفاعل في حماية ذاتية من السرقة. فهو مشع جداً بحيث إنه يمتص من يحاول التعامل معه في غضون ساعة من الزمن. ويعالج الفنيون النوويون هذه المادة بوسائل التحكم عن بعد فحسب وهم يجمعون أنفسهم بدروع سميكة، حيث تقل شدة خطر الإشعاع مع الزمن. فبعد نحو 25 سنة تحدث الجرعة المميتة. التي تصيب شخصاً يتعامل عن قرب مع كتلة من وقود مفاعل بحيث تبلغ نحو خمسة كيلوغرام، في غضون خمس ساعات عند نصف عدد الأشخاص المعرضين للإشعاع. وعند هذه المرحلة يقر الخبراء، الذين يوصون وكالة الطاقة الذرية الدولية. بأنه لا يمكن اعتبار الوقود ذاتي الحماية

حاجة متعاظمة بصورة ملحة^(*)

للتغلب على خطر وقود اليورانيوم المستنفذ ذي التخصيب العالي في أنحاء العالم، الذي تقل حمايته الذاتية بمرور الوقت، دعت الولايات المتحدة الأمريكية عام 1996 الدول الأجنبية التي تلقت اليورانيوم العالي التخصيب الأمريكي إلى استعادة نوعين من الوقود المستنفذ وبعد ست سنوات توجّدت جهود الولايات المتحدة وروسيا مع وكالة الطاقة الذرية الدولية لإرجاع شحن وقود اليورانيوم العالي التخصيب الصالح والمستنفذ إلى روسيا. ولكن التقدم في هذا المجال مازال متواضعاً. فقد أعيد الوقود المستنفذ الذي يحتوي على نحو طن واحد من اليورانيوم العالي التخصيب الأمريكي في حين يظل نحو عشرة أطنان خارج الولايات المتحدة

الأمريكية. كما أعيدت مئة كيلوغرام من وقود اليورانيوم العالي التخصيب الصالح لروسيا، وبقي نحو طنّين من اليورانيوم العالي التخصيب من الوقود الصالح أو المستنفذ من أصل روسي مخزوناً عند دول مختلفة، حيث يُخزن وقود المفاعلات البحثية المستنفذ الذي أعيد في منشآت وكالة الطاقة الأمريكية في ولايتي كارولاينا الجنوبية وإيداهو، في حين تفصل روسيا اليورانيوم العالي التخصيب من الوقود المستنفذ ثم تمزجه لتشكيل الوقود المنخفض التخصيب الصالح للاستعمال في محطات الطاقة النووية بعد أحداث 2001/9/11 كُتِف بعض

الهيئات غير الحكومية وعدد من أعضاء مجلس الشيوخ الأمريكي من ضغوطهم على وكالة الطاقة الأمريكية لكي تضاعف من جهودها في حماية مخزون اليورانيوم العالي التخصيب المدني عبر العالم وقد حذّر «تايلور» [مصمم الأسلحة السابق في مختبر لوس ألاموس الوطني (الأمريكي)] من خطر الإرهاب النووي في بداية السبعينيات من القرن الماضي. ولكن مأساة الحادي عشر من أيلول (سبتمبر) قد زادت بشكل كبير من مصداقية ندائه

(*) Growing urgency

(*) What Nuclear Terrorists Would Need

(*) Implosion هو تهديم الشيء، على نفسه

(التحرير)

مواقع وجود المشكلات



حاليا يخدم مخزون يتجاوز 50 مليا متري (أي 50 000 كيلوغرام) من اليورانيوم العالي التخصيب نحو 140 مفاعلا بحثيا نوويا متبنا عبر العالم. ولذلك تكون مخاطرة حدوث سرقة اليورانيوم من المنشآت غير المحفظة جيدا، مسؤولية دولية.



بحلول عام 2014

وعلى الرغم من ازدياد فعالية بعض مقومات مجهود استنفاد اليورانيوم العالي التخصيب، فإن زيادة الاعتمادات بأكثر من 25 في المئة في السنة المالية 2005 مقارنة بالسنة السابقة (لكي تصل إلى نحو 70 مليون دولار أمريكي) ابقت حجم البرنامج ضئيلا مقارنة بالبرامج التي كلفت عدة بلايين من الدولارات لإنشاء منظومة الدفاع الصاروخي وتعزير قدرات الأمن الوطني وعلى النقيض من المنطق السليم، يمكن أن تعطل التكلفة الزهيدة

Where Trouble Lies : 4 .

العالمي لتوسيع بعض البرامج المذكورة سابقا وتعجيلها في الوقت ذاته وتسعى الأهداف الحالية إلى إعادة مجمل وقود اليورانيوم العالي التخصيب الصالح والمستنفذ من منشأ روسي بحلول نهاية عامي 2006 و 2010 على

التوالي، وإعادة مجمل وقود اليورانيوم العالي التخصيب من منشأة أمريكية بحلول عام 2019. ويتصور المخطط أيضا تحويل جميع مفاعلات الأبحاث المدنية الأمريكية إلى وقود يورانيوم منخفض التخصيب

للتحرك في هذا المضمار، كما تزايدت البدايات من أجل «استنفاد شامل» لليورانيوم العالي التخصيب غير العسكري وكره على ذلك أطلقت وكالة الطاقة الأمريكية مبادرة الحد من التهديد

انشطاري متسلسل أو أنه يعمل عند الحالات الحرجة كما أراد المهندسون ولما كانت هذه التراكيب محدودة بتوليد نحو مئة واطمن الحرارة فحسب فإنها لا تتطلب منظومات تبريد، ويمكن للمهندسين بناءها ببساطة عبر مراكمة وقود ومواد أخرى وقد صادف أحدنا (فون هيبيل) هذا التركيب لأول مرة عام 1994 عندما جال (كاند مسؤولي البيت الأبيض) في معهد كورنشاتوف Kurchatov (وهو مركز أبحاث للطاقة الذرية في موسكو) مع خبراء أمن المواد النووية والإحصاء الأمريكيين. وهناك في مبنى تحت الأرض وُضع نحو 70 كيلوغرام من أقراص اليورانيوم النقي تقريبا والصالح لصنع القنبلة فيما يشبه خزانة مدرسية. وقد كان اليورانيوم 235 مخصصا لنموذج حرج لمفاعل قضائي، وهذه الزيارة أدت إلى أول تحسين لحماية المنشآت النووية الروسية ومؤخرا بدأ معهد كورنشاتوف ووزارة الطاقة الأمريكية النقاش حول مشروع مشترك بينهما للتخلص من وقود اليورانيوم العالي التخصيب في العديد من منشآت المعهد التي تضم أتماط التراكيب الحرجة.

وهناك موقع آخر مماثل عبارة عن منشأة تركيب حرج في معهد روسيا للفيزياء وهندسة الطاقة في مدينة أوبنيسك Obninsk. ولعل في هذه المنشأة أكبر مخزون من اليورانيوم العالي التخصيب في أي موقع للمفاعلات البحثية في العالم، وهو 87 طن. وهي في معظمها متوافرة في عشرينات الآلاف من الأقراص المغطاة بالألنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ. يبلغ قطرها نحو بوصتين [انظر الشكل في الصفحة 49] يضع الفنيون الأقراص في أعمدة تفصل بينها أقراص أخرى من اليورانيوم المنضب لكي تحاكي مختلف مستويات معدل تخصيب الوقود. ولما كانت هذه العناصر لا تصدر إلا مستويات

البحثية إلى وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب، ولسوء الحظ تراجع الرئيس «جورج دبليو بوش» مؤخرا عن الضغط على روسيا لحثها على المضي قدما في هذا المضمار وقد اتفق في لقاء القمة في الشهر 2005/2 مع الرئيس الروسي «فلاديمير بوتين» على الحد من التعاون الأمريكي الروسي في جهود استنفاد اليورانيوم العالي التخصيب في البلدان الأخرى. إذ تزايدت ممانعة الإدارة الروسية لبرامج تفوؤ زيارات أجناب للمنشآت النووية الروسية، خصوصا إذا كانت هذه المبادرات لا تقدم مبالغ ضخمة لروسيا وهكذا فإن مشاريع استنفاد اليورانيوم العالي التخصيب التي لا تزال نشيطة في روسيا تستعمل مقاربة «من الأسفل نحو الأعلى»، حيث يتفاوض ممثلوها مباشرة مع المعاهد النووية الروسية على الصعيد المحلي واحدا إثر الآخر، تاركين للمعاهد مهمة الحصول على إذن حكومتهم. ولحسن الطالع يمكن أن تكون معونة مليون دولار غير مهمة بالنسبة للدولة الروسية ولكنها تعني الشيء الكثير بالنسبة لمعهد نووي مخزن ماديا. ولذلك فإن عددا من هذه المشاريع في تقدم مستمر.

مصادر مهمة لوقود يورانيوم عالي التخصيب

توجه الجهود الحالية لتحويل وقود اليورانيوم العالي التخصيب أساسا إلى مفاعلات الأبحاث المغذاة باليورانيوم العالي التخصيب التي تحتاج إلى إعادة تغذية بالوقود وهي تتجاهل بدرجة كبيرة التراكيب الحرجة والمفاعلات النبضية، وهما نمطان أحران من المفاعلات البحثية التي يحتوي لبها تراكميا على كميات ضخمة من المواد الخطرة إن التركيب الحرج هو نموذج فيزيائي حقيقي للـ مفاعل جديد يختبر ما إذا كان تصميم اللب سيحفظ استدامة تفاعل



Neglected HEU Sources
depleted uranium

دائرة وقود نووية، ومنشآت أبحاث وإنتاج للمواد النووية العسكرية، ومجمعات خزن الأسلحة النووية. وقد قدم الموظفون الأمريكيون المشورة للخبراء الروس وسهّلوا من عملهم، ثم تابع الروس تحقيق التحقيقات اللاحقة التي استدعت إعمار منشآت وحيازة أجهزة وتعديل الإجراءات المتبعة. وتعاون الأمريكيون والروس أيضا في تحسين تنظيم المواد النووية ومعايير العمل وأساليب التدريب وإجراء الجرد

وفي بعض الحالات، تم إنجاز بعض المراحل الجزئية سريعا لحدوث انتشار تغيرات أكثر شمولاً فعلى سبيل المثال، يمكن للفنيين إبدال باب عادي بنظام باب مزدوج يعمل بمثابة حاجز. ويمكنهم لاحقا تركيب منظومة دائرة تلفزيونية مغلقة للمراقبة ولتحصيص التهديدات في جال حدودها. ومن أجل مراقبة المواد، يمكن للمديرين سن قانون فوراً يقضي بأن كل تعامل مع المادة النووية يجب أن يتم عبر شخصين يعملان معا. ويعد ذلك يمكن للفنيين وضع منظومة مؤتمتة للتحكم في الدخول تتطلب بطاقات تعريفية خاصة وكلمات دخول سرية وتحققا من الأشخاص باستعمال الإحصائيات البيولوجية Biometrics. لجرد وإحصاء كمية المواد يمكن أن يضم تطوير سريع على جدولة عمليات جرد منتظمة لحاويات المواد النووية المصدقة بأقفال محكمة. وسيكون الإجراء الأوسع هو إدخال محطات قياس يتحكم فيها الحاسوب تحلل (عبر أشعة كاما الصادرة عن الحاويات) مستويات تخصيب للمواد النووية في داخلها، وستدخل النتائج أوتوماتيكيا في قاعدة بيانات حاسوبية تشير إلى ظهور أي خلل.

وقد شهدت السنوات الاثنتي عشرة للتعاون الأمريكي الروسي في هذا البرنامج تقدما ملحوظا، فقد أكملت التحقيقات في 41 من 51 موقعا معروفا للمواد النووية في روسيا ودول أخرى في الاتحاد السوفييتي السابق، بما فيها مجمعات الأسلحة والمنشآت المدنية (وهذا ما تركز عليه المقالة) ومستودعات خزن الوقود النووي عند الأسطول البحري، كما تستمر عمليات التطوير في ثمانية مواقع من العشرة الباقية. ولا توجد أية اتفاقية للعمل في الموقعين الآخرين اللذين يعدان منشأتين روسيتين حساستين جدا. وفي الوقت نفسه تستمر جهود التحديث بالاستعانة ببرنامج مراقبة حماية المواد النووية وإحصائها في مخزون الرؤوس النووية ومواقع الصواريخ الاستراتيجية في دول الاتحاد السوفييتي السابق يشكل الدعم الطويل الأمد التحدي الرئيسي في المستقبل، إذ يتوقع تناقص الدعم الأمريكي لهذا البرنامج في غضون السنوات القليلة القادمة تاركا الروس يتحملون العبء بمفردهم. ومع أن الحكومة الروسية تجري عملية مستقلة لحماية برنامج مراقبة المواد النووية وإحصائها، فإن الأجهزة والإجراءات في كثير من المواقع ستسوء إذا انتهى برنامج التعاون. وإن استمرار برنامج مراقبة حماية المواد النووية وإحصائها هو أمر حيوي لأمن الولايات المتحدة، فبكل بساطة يمكن القول إن عواقب نقص ملحوظ في حماية اليورانيوم العالي التخصيب يمكن أن تكون وخيمة.

المؤلفة

Leslie G. Fishbone

تعمل في مجال الحد من انتشار الأسلحة النووية في قسم الأمن الوطني بمختبر بروكلين الوطني، وقد عملت في برنامج مراقبة حماية المواد النووية طوال فترة تجاوزت العشر سنوات

تحتاج الدول في سعيها للتخلص من مخزونات اليورانيوم العالي التخصيب لإحباط صنع أسلحة نووية من قبل المجموعات الإرهابية إلى حماية أفضل لمفاعلاتها النووية المدنية التي تستعمل هذا الوقود. ويجري تنفيذ إحدى الطرائق عبر التعاون بين الخبراء الأمريكيين والروس على المنشآت الروسية باعتبارها مثلا لأنواع المراحل التي يمكن اتباعها والمشكلات التي تواجهها هذه البرامج أصبحت الحاجة إلى حماية متطورة أمرا جليا عام 1992، عندما سرق مهندس في منشأة نووية تقع قرب موسكو نحو كيلوغرام ونصف الكيلوغرام من اليورانيوم العالي التخصيب بكميات صغيرة على مرّات عديدة خلال عدة أشهر املا في التبرع من بيعها. ولحسن الحظ تم القبض على الجاني قبل انتقال اليورانيوم لدولة شريفة أو لإرهابيين، وبالطبع كان من الممكن أن تكون نتائج السرقة أسوأ بكثير من ذلك، إذ يكفي نحو 25 كيلوغرام من اليورانيوم لصنع بعض أنواع المتفجرات النووية وفق تقديرات وكالة الطاقة الذرية.

يعكس حادث الاختلاس، بعيدا أن يشكل ذلك استثناء، حالة عامة من انعدام الأمن لقد ترك انهيار الاتحاد السوفييتي عام 1991 منشآت النووية عرضة لتهديدات من الداخل ومن الخارج. لقد ظل الباحثون والمهندسون والحراس عدة شهور بدون رواتب في فترة سابقة ساءت بنية منظومة الإدارة فيها، وهذا ما أدى إلى قلق كبير حول إمكان سرقة المادة النووية. وقد فهم قادة روسيا والولايات المتحدة الأمريكية ودول أخرى المخاطر التي تنطوي عليها المواد غير المحمية ووضّعوا برامج تعاون للحد من هذه المخاطر.

كان برنامج مراقبة المواد النووية وإحصائها (MPC & A) الذي أسس في عام 1993 هو أحد هذه الجهود. وكان أحد أطراف البرنامج، عملت المختبرات التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية مع المنظمات النووية في روسيا الاتحادية. وتشمل المنشآت التي خضعت للتحديث مختبرات أبحاث مدنية، ومحطات مفاعلات ذوات



إن الإجراءات الأمنية في كثير من مواقع مفاعلات الأبحاث في الاتحاد السوفييتي السابق لا تكفل حماية اليورانيوم المخصب من السرقة. ويتعاون المختصون الأمريكيون والروس لتدعيم الإجراءات الأمنية. وقد لاحظ المفتشون أن الأسوار والأبواب على المحيط الأمني وغيرها للمنشآت غير كافية أو أنها بحاجة سريعة إلى الإصلاح (الصورة العليا). ومنذ أن تم تحسين حالة هذه المنشآت، صارت نظم الحواجز منيعة أكثر أمام المتخمين (الصورة السفلى).

منخفضة من الإشعاع فيمكن للفنيين تكديسها باليد ولكن التأكد من عدم خروج أحد ومعه قرص منها يبقى هاجسا أمنيا وقد قمنا مؤخرا بدراسة تحليلية اقنعت مدير المنشأة بأن المختبر لا يحتاج إلى اليورانيوم الذي يصلح لصنع القنابل، كما أن المسؤولين في وزارة الطاقة الأمريكية مهتمون بإقامة مشروع مشترك للاستغناء عن هذه المواد.

(١) Halting the theft of nuclear materials
The Material Protection Control and Accounting (MPC A) program

ويقع على مسافة 400 كم إلى الشرق من موسكو) على 0.8 طن من اليورانيوم العالي التخصيب (وهذا ما يكفي لصنع 15 قنبلة هيروشيما) وبعد الاستماع إلى محاضرة أحدنا («فون هيبيل») عن خطر اليورانيوم العالي التخصيب اقترح الباحثون في المعهد دراسة جدوى تحويل المفاعل إلى اليورانيوم المنخفض التخصيب

وعلى الرغم من وجود ما يزيد على 70 مفاعلا نضيا وذا تركيب حرج عبر العالم (ما يزيد على نصف هذا العدد في روسيا) فإنه يلزم القليل منها لإجراء الأبحاث في الوقت الراهن، فقد بني معظمها في الستينات والسبعينات من القرن الماضي وأصبحت اليوم من الطراز القديم فنيا. ويمكن تحقيق الكثير من مهامها عبر محاكاة حاسوبية عادية لحساب تطور التفاعلات التسلسلية النووية التي تحدث في نماذج مفصلة ثلاثية الأبعاد للمفاعل ويمكن للمهندسين التثبت من صحة هذه المحاكاة الرياضية بمقارنتها مع النتائج المحفوظة لتجارب الحد الحرج السابقة ويمكن لعدد قليل من المنشآت المتعددة الأغراض التي تستعمل وقود اليورانيوم العالي التخصيب أن تظل قيد الاستعمال لسد ثغرات التجارب السابقة. وبوسع المهندسين تحويل عدد قليل من المفاعلات النضية ذوات الوقود المنخفض التخصيب لاحتمال الحاجة إليها

وبشكل عام قدر أحد مختصي وكالة الطاقة الذرية الدولية (IAEA) أن أكثر من 85 في المئة من مجموع المفاعلات البحثية المتقدمة في العالم ستحال إلى التقاعد. وقد لاحظ أنه يمكن تلبية الخدمات التي تؤديها بنحو أفضل من خلال عدد من المفاعلات النيوترونية المحلية باستخدام أحدث التقنيات المتوافرة ولإغراء الباحثين الذين يستعملون هذه المفاعلات يمكن لبرنامج الإحالة إلى التقاعد أن يستثمر في الوقت ذاته في زيادة قدرات مراكز المفاعلات البحثية المتبقية. ويمكن أن تحذو الدول الأوروبية واليابان حذو الولايات المتحدة

الأمريكية. وفي الحقيقة يمكن أن يؤمن هذا التقارب مصدرا ماليا للمعاهد التي تملك المفاعلات لإجراء جرد واسع لليورانيوم العالي التخصيب المشع بشكل قليل، إذ يمكن أن تجلب هذه المخزونات لها نحو 20 مليون دولار لكل طن من اليورانيوم العالي التخصيب بعد تخفيفه إلى اليورانيوم المنخفض التخصيب الآمن المستعمل في وقود محطات الطاقة النووية

نحو الحل

طلالت الجهود لتحويل المفاعلات التي تستعمل وقود اليورانيوم العالي التخصيب لأكثر من ربع قرن، ولا يتعلق استعمال اليورانيوم العالي التخصيب بأسباب تقنية، فقد نتج هذا التقصير أساسا من قلة الدعم الحكومي على المستوى الرفيع بشكل كاف، كما تسببت ممانعة فنيي المفاعلات الذين يخشون التسريع أو تعليق العمل في التأخر أيضا على الرغم من القلق الحالي من الإرهاب

النووي فإن معظم مراحل برنامج استنفاد اليورانيوم العالي التخصيب تسير ببطء شديد. وتحتاج الحكومات إلى زيادة المخصصات المالية لتعجيل تحويل المفاعلات التي يتوافر لها البديل من اليورانيوم المنخفض التخصيب. وللتأكد من أن مقومات الوقود البديل قد طوّرت بحيث يتم استبدال المفاعلات المتبقية إضافة إلى ذلك يجب توسيع البرنامج بحيث يشمل جميع التركيبات الحرجة المغذاة باليورانيوم العالي التخصيب والمفاعلات النضية والعدد الصغير من المستعملين المدنيين لوقود اليورانيوم العالي التخصيب مثل كاسحات الجليد الروسية المسيّرة بالطاقة النووية وإذا أخذت الولايات المتحدة الأمريكية وحلفاؤها موضوع تحدي منع الإرهاب النووي مأخذ الجد فإنه يمكن الانتهاء من اليورانيوم العالي التخصيب المدني في غضون خمس إلى ثماني سنوات. في حين أن استمرار التأخر في إتمام هذه المهمة لن يزيد سوى من فسخة ظهور الإرهاب النووي

Toward a Solution

المؤلفان

Alexander Glaser - Frank N. VON Hippel

زميلان في برنامج للعلم والأمن العالمي في جامعة برينستون «كلار» عضو في هيئة الأبحاث. وقد حصل على الدكتوراه في الفيزياء. مؤخرًا من جامعة درمستادت للتقانة في ألمانيا. حيث درس الحواجز التقنية في تحويل مفاعلات الأبحاث النووية وأصبح «هيبيل» فيزيائيا نوويا نظريا عبر التدريب المستمر. وهو أحد مدبري هذا البرنامج وأستاذ العلاقات العامة والدولية. والثنا، عمله مساعدا لدير الأمن القومي في مكتب البيت الأبيض لشؤون العلم والتقانة في عامي 1993 و 1994 ساعد «هيبيل» على الترويج للجهود الأمريكية في تحسين حماية المواد النووية في الاتحاد السوفييتي السابق وكلاهما يعملان في الهيئة الاستشارية العالمية للوقود الانشطارية التي تحاول إنهاء استعمال اليورانيوم والبلوتونيوم العالي التخصيب

مراجع للاستزادة

Controlling Nuclear Warheads and Materials. Matthew Bunn, Anthony Wier and John P. Holdren. Nuclear Threat Initiative and the Project on Managing the Atom, Harvard University. March 2003. Available at www.nti.org/e_research/cnwm/overview/cnwm_home.asp

A Comprehensive Approach to Elimination of Highly-Enriched-Uranium from All Nuclear-Reactor Fuel Cycles. Frank von Hippel in Science and Global Security, Vol. 12, No. 3, pages 137-164; 2004. Available at www.princeton.edu/~globsec/publications/pdf/von_Hippel_SGS_137-164_1.pdf

The Four Faces of Nuclear Terrorism. Charles D. Ferguson and William C. Potter. Routledge (Taylor and Francis), 2005.

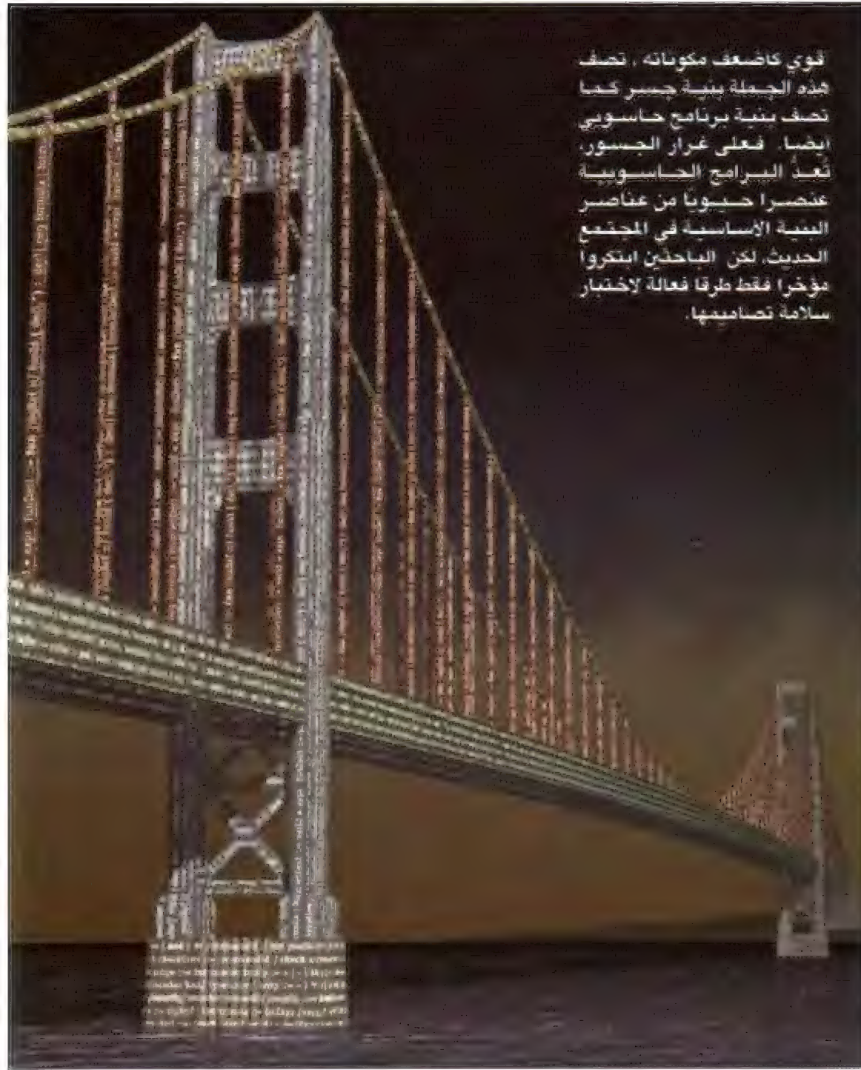
Last Best Chance. Docudrama produced by the Nuclear Threat Initiative on the danger of nuclear terrorism, 2005. Free DVDs can be ordered at www.lastbestchance.org/

Scientific American, February 2006

برمجيات تُصمَّم بحيث يُعَوَّل عليها

تقود الحواسيب الطائرات وتُشغِّل معظم منظومات المصارف والاتصالات والتجارة والصناعة في العالم. والآن فإن أدوات تحليل قوية ستساعد في نهاية المطاف مهندسي البرمجيات على ضمان وثوقية تصاميمهم.

٢٢٠ حاكسون



قوي كاضعف مكوناته. تصف هذه الجبهة بنية جسر كما تصف بنية برنامج حاسوبي أيضا. فعلى غرار الجسور، تُعد البرامج الحاسوبية عنصرا حيويا من عناصر البنية الأساسية في المجتمع الحديث. لكن الباحثين ابتكروا مؤخرا فقط طرقا فعالة لاختبار سلامة تصاميمها.

حين افتُتح مطار دنفر الدولي الجديد، قبل 11 عاما، كان من المؤمل أن يشكل نظام أمتعة المسافرين المؤتمت جوهرة الإنجازات العالية التقنية التي ضَمَّها فقد صُمِّم هذا النظام بحيث تنتقل الأمتعة على سيور (أحزمة) يبلغ طولها نحو 26 ميلا. لإيصالها بسرعة ودون انقطاع إلى الطائرات والمسافرين لكن مشكلات البرمجيات أثقلت كاهل النظام. فأخُذت افتتاح المطار 16 شهرا وأضافت مئات ملايين الدولارات إلى تكاليف إنشائه ولم يعمل النظام على نحو يسمح بالركون إليه على الرغم من سنين كثيرة صرفت في إصلاحه. وفي صيف عام 2006، قام مديرو المطار أخيرا بإيقاف النظام والعودة إلى حاويات الحقائب التقليدية التي تُحْمَل يدويا وتجرها عربات يقودها البشر. أما الشركة BAE Automated Systems [التي صممت نظام نقل الأمتعة المؤتمت]، فقد صُنِّيت وأعلنت شركة الخطوط الجوية United Airlines المستخدمة الرئيسية للنظام، وكانت مشكلات هذا النظام أحد أسباب إفلاسها.

والثمن الباهظ لتصميم رديء للبرمجيات تدفعه الملايين من المستخدمين المحيطين يوميا وتتضمن أمثلة شائعة أخرى كوارث مكلفة عانتها مشاريع مصلحة الضرائب الداخلية الأمريكية U.S. Internal Revenue Service (كالمشروع الفاشل لتحديث أعمال المصلحة الذي بلغت قيمته 4 بلايين دولار في عام 1997، والذي تبعه مشروع تحديث آخر بلغت كلفته 8 بلايين دولار. عانى قدرا مساويا من المشكلات) ومكتب التحقيقات الاتحادي (كمشروع نظام إدارة ملف الدعاوى الافتراضي الذي ألغى عام 2005 بعدما كُلف 170 مليون دولار). وإدارة الطيران الاتحادية

أي التعليمات التي يستخدمها الحاسوب لتنفيذ برنامج ما - يكتشفون أن تصاميمهم غير ملائمة ويكمن الخلل أحيانا في عدم توافق التعليمات ضمن الكود أو غياب مميت لأحدها. لكن في معظم الأحيان يعود الخلل

DEPENDABLE SOFTWARE BY DESIGN ١٠١

(كالمحاولة البطيئة، التي لم تحرز أي نجاح حتى الآن. لتجديد منظومتها المتقادمة للتحكم في حركة المرور الجوية)

تحصل هذه الإخفاقات الهائلة لأن عيوباً جوهرية في التصميم تُكتشف متأخرة جدا فقط بعد بدء المبرمجين بكتابة الكود code -

يمكن رد جميع مشكلات البرمجيات القاتلة إلى أخطاء مفاهيمية ارتكبت قبل البدء بالبرمجة



نظام الامتعة المؤتمت الذي اخفق في مطار دنفر الدولي.

ان تضمن عدم اخفاق البرنامج، لكنها توفر لمهندسي البرمجيات التوصل للمجموعة الاولى من الأدوات العملية التي يمكنها ان تضمن ان التصميمات مبنية وخالية من العيوب المفاهيمية، وأنها توفر أساساً متيناً تُبنى عليه نظم برمجية يمكن الاعتماد عليها

تقييم التصميمات

ليست البرمجيات الرديئة بالمسألة الجديدة. فالتحذيرات من أزمة البرمجيات تعود إلى ستينيات القرن العشرين. وهي قد تفاقمت فقط الآن لأن الحواسيب قد تغلغت في نسيج المجتمع. تفكّل وتُفكّ معظم البرمجيات اليوم عادة باختبارها. إذ يُشغّل المهندسون البرمجيات باستخدام مجموعة كبيرة من الشروط الابتدائية (أو المُدخلات) ليروا إذا ما كانت تعمل كما هو متوقع منها. ومع أن هذا الإجراء يكشف عن جملة من العيوب الصغيرة في البرمجيات، فهو غالباً ما يغفل عيوباً في التصميم الأساسي. ومن وجهة نظر ما، فإن إجراءات الاختبار هذه تَضِلُّ عن الغاية (المريضة) بتركيزها على الأشجار (المتعقّدة)

والأسوأ من هذا أن البقّات bugs التي يجري «إصلاحها» أثناء عملية الاختبار غالباً ما تفاقم مشكلات التصميم. فحين يفكّل المبرمجون الكود ويحشرون فيه سمات جديدة، لا بد من أن تُربّي البرمجيات من التعقيدات ما يشبه العوالق التي تلتصق بالسفن في البحر فتنتقص من كفاءتها، وتولّد مزيداً من الغرض لحدوث الأخطاء. إن هذه الحالة تُذكر بنظرية بطليموس (الخاطئة) عن حركة الكواكب التي كان الإغريق القدماء

بصورة متزايدة لتدقيق تصميمات العتاد الحاسوبي. فيتمّزج المظهر تصميم البرنامج باستخدام مدوّنة كودية coding notation مقتضبة رفيعة المستوى، ثم يشغّل أداة تستكشف بلايين التنفيذات الممكنة للمنظومة باحثاً عن أوضاع غير مألوفة يمكن أن تجعل المنظومة تتصرف بطريقة غير متوقعة. تكشف هذه العملية عيوباً خفية في التصميم. حتى قبل كتابة كوده، والأهم من ذلك، أنها توفر تصميمات دقيقة ومنيعاً ومختبراً بالتفصيل. واحد الأمثلة على هذه الأداة «ألوي» Alloy التي يبنّيها مع مجموعة البحث التي تعمل معي. وقد أثبتت الأداة ألوي (المتاحة مجاناً على الإنترنت) فائدتها في تطبيقات متفاوتة في تنوعها تفاوتت برمجيات الطيران والهاتف ونظم التعمية. وتصميم الآلات المستخدمة في علاج السرطان [انظر الإطار في الصفحة 58]

تستند منظومة ألوي وأدوات فحص التصميم المتصلة بها، إلى ربع قرن من الأبحاث حول طرائق إثبات صحة البرامج رياضياتياً وبدلاً من المطالبة بإجراء البراهين يدوياً، تستخدم هذه الأدوات تقنيات مؤتمتة للمحاكاة تعالج مسألة التصميم البرمجي بمثابة أحجية صور مقطّعة jigsaw puzzle عملاقة يتعيّن حلّها. إن هذه المحلّلات تعالج التصميمات، لا كود البرنامج، ولذا لا يمكنها

إلى أن التصميم برمته ضبابي ولم يستوف حقه من الدراسة ومع تنامي الكود، بسبب تعديلات تضاف إليه بالتقسيم، تبرز بنية تفصيلية فعلاً للتصميم الأصلي، لكن التصميم الناتج يكون ممتلئاً بالحيل والحالات الخاصة، دون مبادئ متوافقة. وكما هي الحال في المباني، فعندما لا تكون أسس البرمجيات سليمة، تفنقر البنية الناجمة إلى الاستقرار

يمكن للمديرين المتورطين في إخفاقات بارزة للبرمجيات الدفاع عن أنفسهم مدعين أنهم قد اتبعوا الممارسات المعتادة في صناعة البرمجيات، ومن سوء الطالع، أنهم سيكونون محقّقين في ادعاءاتهم هذه. فالمطوّر نادراً ما يوضحون تصميمهم بدقة ويحلّلونها للتأكد بأنها تجسّد الخصائص المرغوبة لكن بعد أن أصبحت الحواسيب تقود الطائرات والقطارات والسيارات، وتُشغّل معظم مرافق المال والاتصالات والتجارة والإنتاج في العالم، فقد صار المجتمع في أمس الحاجة إلى تحسين اعتمادية البرمجيات

لكن جيلاً جديداً من أدوات تصميم البرمجيات يبرز الآن إلى الوجود [انظر الإطار في الصفحة 59]. وتشبه محركات التحليل المستخدمة في هذه الأدوات، من حيث المبدأ، تلك التي يستخدمها المهندسون

نظرة إجمالية/ فاحصات تصميم البرمجيات

- على الرغم من الأهمية المتنامية باستعراة للبرمجيات الحاسوبية في حياتنا اليومية، فإن مهندسي البرمجيات نادراً ما يحلّلون تصميمهم لضمان اعتمادها، لكن الحال أخذت في التغيّر مع التطورات الحديثة لأدوات فحص تصميمات البرمجيات، مثل الأداة ألوي Alloy.
- تضم الأداة ألوي لغة تيسّر نمذجة تصميمات البرمجيات المعقدة، مع محرك تحليل يبحث بالتفصيل عن عيوب مفاهيمية وبنوية بطريقة مؤتمتة، ويعاين التصميمات وكأنها أحاجي هائلة يجب حلّها.
- في المستقبل القريب نسبياً، سوف تُحسّن أدوات مشابهة للأداة ألوي إمكانيات الاعتماد على البرمجيات، بجعل تطوير البرامج يقوم على ممارسات للتصميم بناءً وأشدّ متعة.

Overview: Software Design Checkers (→)
Evaluating Designs (→)

(١) انظر "Software's Chronic Crisis," by W. Wayt Gibbs
Scientific American September 1994

البرمجيات التي ترتب ملفات حاسوبك في مجلدات وتخزينها على قرص إن إحدى مهام الأداة «الوي» الحيوية هي تحديد الآثار التي يمكن أن تحدثها العمليات المختلفة في بنية الملف، وندين هنا كيف يمكن للمصمم أن يُنمذج ويفحص العملية التي تحرك مجلدًا أو «دليلًا» من موقع في ترانسية hierarchy الملفات إلى آخر

تساعد الأداة «الوي» مصممي البرمجيات على العثور على مثالب التصميم وإصلاحها، بتوفير لغة توضح بنية البرنامج، ومحلل مؤتمت يبحث ضمن العدد الهائل من التنفيذات الممكنة للمنظومة عن مثال مضاد. يُبين كيف يمكن للمنظومة أن تُحقق في القيام بما هو مطلوب منها وفي المثال المُبسَّط أدناه. يستخدم أحد المهندسين الأداة «الوي» لتقييم تصميم نظام ملفات، أي

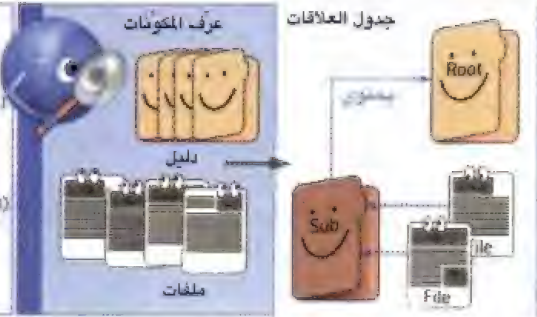
عود الوي

المفعول

الخطوة الأولى: عرّف المكونات

يُحدّد المصمم مكونات النظام - أي ملفات وأدلتها directories ومنظومة ملفاته file system على نحو شامل - وعلاقاتها البينية. يقول نموذج الوي إن نظام الملفات FS يمتلك ثلاث مكونات: files (أو مجموعة الملفات)، و dirs (أو مجموعة أدلته)، و contains (أو خريطة تعطي مجلة الملفات والأدلة التي يحتويها كل دليل).

```
module filesystem
  abstract sig Object ()
  sig File, Dir extends Object {}
  sig FS {
    dirs: set Dir,
    files: set File,
    contains: Dir -> (Dir + File)
  }
```



الخطوة الثانية: نمذج العملية

بعدئذ يُنمذج المصمم عملية تحريك (حرك الدليل) ("move-dir") لمنظومة الملفات قبل ("fs") إلى منظومة للملفات بعد ("fs'"). تشمل العملية دليلين "d"، وهو الدليل الذي سيتم نقله، و "to"، وهو المكان الذي يُنقل الدليل إليه. تلي ذلك ثلاثة فيرود تصف المفعول المقصود في ثلاثة أسطر منفصلة: أولاً، كل من المكونة التي ستُحرك وموقعها الجديد هما دليلان ضمن منظومة الملفات. ثانياً، وهنا يتركز جوهر العملية: إذ نستدعي أن يكون جدول المحتوي الجديد نفس الجدول القديم مع حذف كل جدولة من دليل إلى "d"، وإضافة جدولة من "to" إلى "d" والسطر الثالث يقول إنه لا يخضع شيء آخر للتغيير

```
pred move_dir (fs, fs', FS, d to Dir) {
  d = to in fs.dirs
  fs' contains - fs contains Dir - d + to + d
  fs.files = fs.files and fs.dirs = fs.dirs
}
```



الخطوة الثالثة: تحديد المتطلبات

ثم يصيغ المصمم شروطاً حيوية: يجب أن يكون كل ملف وكل دليل بالمتناول reachable (أي يمتلك مساراً يوصل إليه) انطلاقاً من جذر ما. ويُسجل هذا في نموذج الوي بوصف «توكيدة» assertion تسمى "move-ok" وتبني بأن تنفيذ عملية التحريك لا يجعل ملفاً أو دليلًا بعيداً عن المتناول انطلاقاً من جذر ما

```
pred reachable (fs: FS) {
  some root: fs.dirs | fs.(dirs+files) in root * (fs contains)
}
assert move_ok {
  all fs, fs', FS, d, to: Dir {
    reachable (fs) and move_dir (fs, fs', d, to) implies reachable (fs')
  }
}
```



الخطوة الرابعة: جد الخلل واصلحه

تُنفذ الأداة الوي التعليمة "check move-ok" بنوليد جميع الحالات الممكنة للنظام (حتى حجم معين) ويفحص التوكيدة لكل منها، وبذلك تُحاكي التحريكات الممكنة التي يمكن أن تحصل حين تشغيل البرنامج ونجد الأداة الوي مثلاً مضاداً للتوكيدة. وهو دليل يمكن تحريكه إلى نفسه إن هذا الفعل قد يفصل الدليل عن الجذر، جاعلاً إياه بعيداً عن المتناول. ولعلاج هذه الحالة يمكن للمصمم إضافة فير جديد لا يسمح للدليل بالتحرك إلى نفسه أو إلى أي ما سيخلفه من أدلة

check move_ok



مشكلة: لا يمكن تحريك دليل إلى نفسه

فير جديد يمنع عملية تحريك دليله





أسهلت الأداة ألوي في جعل نظام الطيران متبعاً على العايشين.

الفكرة هي محاكاة كل حالة يمكن أن يدخلها البرنامج لتحديد أن أيًا منها لا يسبب إخفاقاً.

البرمجيات تمثيلاً مضغوطاً جداً) يسمح بتفحص كل حالة بالنظر في هذه المجموعات الكبيرة على نحو متوازن، أي في الوقت ذاته لكن ما يؤسف له أن منهج فحص النموذج لا يستطيع بمفرده معالجة حالات ذات بني معقدة، تميز معظم تصاميم البرمجيات. لقد طوّرت مع زملائي الباحثين نهجاً يشترك مع منهج فحص النموذج بالروح نفسها، لكنه يستخدم البنية مختلفة. فعلى غرار منهج فحص النموذج، يُعتبر المنهج الذي طوّرنه جميع المشاهد الممكنة (مع أنه يجب، في الواقع، وضع بعض الحدود لبقاء المسألة محدودة finite، لأن البرمجيات ليست مقيّدة بالقيود الفيزيائية التي يفرضها العتاد) لكن خلافاً لمنهج فحص النموذج، لا تتفحص تقنيتنا المشاهد جميعها، الواحد تلو الآخر، بل تبحث عن مشهد ردي، مشهد يؤدي إلى إخفاق، بتعبئة كل حالة بطريقة مؤتمتة، البتة تلو الأخرى، وبترتيب غير محدد.

يمكن مقارنة العملية بقيام ذراع إنسالية بوضع كل قطعة من قطع أحجية الصورة المقطّعة في مكانها، الواحدة تلو الأخرى. إلى أن تظهر الصورة الكاملة في النهاية. وإذا كانت تلك الصورة موافقة لمشهد ردي، تكون الأداة ألوي قد أدت وظيفتها وبذلك تعامل الأداة ألوي تحليل التصميم وكأنه أحجية يجب حلّها. إن بعض فاحصات النماذج البرمجية التي طوّرت مؤخراً تعمل بهذه الطريقة أيضاً.

الحل هو أحجية

لفهم كيف تحل الأداة ألوي أحاجي تصميم البرمجيات. من المفيد أن ننظر في لغز قديم. يذهب مزارع إلى السوق، ويشترى ثعلباً وإوزةً وكيساً من الذرة. وعليه في

The Solution Is a Puzzle (١٠١)

المقادير يؤدي إلى تغيير طفيف في مقدار آخر لكن من سوء الطالع. أن مثل هذا التصميم لا ينطبق على البرمجيات، إذ لا يمكن الاستقراء من اختبار إلى آخر. وإذا عمل جزء من البرمجيات عملاً صحيحاً، فإن هذا لا يثبت بشئ، عن عمل جزء مشابه من الكود. لأنها متقطعة ومنفصلة بعضها عن بعض وفي الأيام الأولى من تطور علم الحاسوب، أمل الباحثون أن يتمكن المبرمجون من إثبات صحة برامجهم بالطريقة التي يُثبت بها الرياضياتيون نظرياتهم لكن عدم وجود طريقة لأتمتة الخطوات الكثيرة المتصلة بالإثبات، يفرض على خبير بشري القيام بالقسط الأكبر من العمل. إلا أن هذه المهام، التي تسمى بالطرائق الرسمية الشاقة، لم تكن عملية إلا من أجل أجزاء متواضعة من البرمجيات البسيطة نسبياً ولكن الشديدة الأهمية في الوقت ذاته، مثل خوارزمية للتحكم في تقاطعات السكك الحديدية.

وفي الآونة الأخيرة اعتمد الباحثون نهجاً مختلفاً كلياً، يستخدمون فيه قدرة المعالجات الأسرع المتوافرة اليوم، لاختبار كل مشهد ممكن. إن هذا المنهج، الذي يسمى فحص النموذج model checking، يُستخدم على نطاق واسع حالياً للتوثق من تصاميم الدارات المتكاملة. والفكرة الكامنة في هذا المنهج ترتكز على القيام بمحاكاة كل متتالية ممكنة من الحالات (حالات المنظومة في أوقات معينة) التي يمكن أن تنشأ في الواقع للتأكد من أن أيًا منها لن يؤدي إلى إخفاق. وفي حالة تصميم شبيبة ميكروية microchip، فإن عدد الحالات التي يجب تقييمها غالباً ما يكون هائلاً: من رتبة 10100 أو أكبر. والتحدّي في حالة البرمجيات أكثر حداً، لكن استخدام تقنيات تكويد ذكية (يمكن بواسطتها تمثيل مجموعات كبيرة من حالات

أول من وضعها ففي العصور الوسطى. حين بُنيت المراقبة الفلكية أن تنبؤات الإغريق غير دقيقة، عدّل الفلكيون نظام بطليموس الذي كان يعتمد على الأقلاك الدائرية المتجاورة، بإضافة أفلاك دائرية متجاورة إلى تلك التي ضمّها النموذج الأسبق. ولم تحل التنقيحات الإضافية عبر القرون المشكلة، لأن المفهوم ابتداءً كان يتضمن خطأ جسيماً.

وعلى غرار ذلك، تنزع البرمجيات الرديئة إلى أن تصبح أكثر تعقيداً وأقل اعتمادية، مهما بذل من المال والوقت لتحسينها فمن المعروف جيداً أن المشكلات الجديدة في نظم البرمجيات نادرة ما تكون نتيجة أخطاء في البرمجة: بل يمكن أن تُردّ معظم الصعوبات الجسيمة التي تعانيتها البرمجيات إلى أخطاء مفاهيمية، ارتكبت حتى قبل الشروع في البرمجة. وعلى نقيض ذلك، فإن مقداراً صغيراً من النمذجة والتحليل، أثناء المراحل الأولى من تحديد المتطلبات والمواصفات أو تصميم البرنامج، لا يكلف إلا قسطاً طفيفاً من تكلفة فحص الكود كله، لكنه يحقق جزءاً كبيراً من المزايا التي يمكن اكتسابها من جراء تحليل شامل. إن الاهتمام بالتصميم مبكراً يدرأ مشقات مكلفة فيما بعد.

لقد ظهرت أدوات تصميم البرمجيات ببطء، لأن البرمجيات لا تخضع لقوانين فيزيائية. فالبرنامج الحاسوبي في جوهره كيان رياضيائي بُني القيم التي يتضمنها من البتات، وتتصف البرامج الحاسوبية بكونها متقطّعة (كالجسيمات) بدلاً من أن تكون مستمرة. فيمكن لمهندس الميكانيك، مثلاً، القيام باختبار كيان فيزيائي ما بإجهاده مطبقاً قوة كبيرة. مفترضاً أن اجتياز هذا الكيان للاختبار يدل أنه لن يخفق حين إخضاعه لقوة أصغر قليلاً. وحين يكون الكيان خاضعاً لبداي العالم الفيزيائي (المستمرة غالباً)، فإن تغييراً طفيفاً في أحد

تقلية آلات معالجة السرطان

تعتمد التجهيزات الطبية الحديثة على البرمجيات في كل جانب من جوانب عملها تقريبا. وفي آلة تستخدم لعلاج السرطان، فحتى زر "التوقف للطوارئ" ليس مفتاح فصل كهربائي فعلي، بل هو برنامج حاسوبي. ويؤدي كبس هذا الزر إلى تنفيذ نحو 1500 سطر من الكود لإيقاف النظام، ما لم تكن ثمة مشكلة أو عيب تصميمي في البرنامج طبعا. وهنا يأتي دور الآداة الوُي التي تحلل البرامج للعثور على مشكلات التصميم بالعمل مع مطوري منظومة علاج السرطان، مثلا. استخدمنا الآداة الوُي لاستقصا، تصميم بعض سماته. وفي إحدى الحالات، أخذنا تصميمنا لنظام جدولة حديد يحدد غرفة العلاج التي يجب إرسال الحزمة إليها. وجهرنا الآداة الوُي للبحث عن مشاهد يمكن فيها للتفاعل بين المُشغَل في غرفة التحكم الرئيسية والمعالجين في غرف العلاج أن يؤدي إلى نتائج غير متوقعة. وقد وجدت الآداة الوُي مشاهد متنوعة لم تكن متوقعة أصلا.

وفي حالة أخرى، طبقنا الآداة الوُي على تصميم بروتوكول مُحكَم لوضع المريض تحت الحزمة البروتونية. وقد تبين أن البروتوكول يؤدي إلى نتيجة خفية وغير متوقعة تغير زاوية حامل مصدر الإشعاع مع الوقت، حتى لو لم تُضبط عمدا. وباستخدام نموذج صغير للآداة الوُي بينا كيف يمكن، باختيار التجريدات الصحيحة لتقليص هذه المشكلة إلى ذات المشكلة، البسيطة نسبيا، لتصميم المنظومة التي تذكر وضعيات مقعد السائق في السيارة. وفي الواقع، فإن منظومة المعالجة بالحرمة البروتونية تتضمن الكثير من وسائل الحماية، ولم تكن مشكلة حامل مصدر الإشعاع خطيرة لكن لو استخدمت التجريدات الصحيحة من البداية لكان التصميم أبسط بكثير. ولكان تشغيل البرمجيات أسهل كثيرا.



إن اتخاذ المريض لوضعية صحيحة، يتم التحكم فيها بواسطة البرمجيات، مهم جدا للتحكم في حزمة الإشعاع في آلة معالجة السرطان. وقد ساعدت الآداة الوُي على تحسين تصميم البرمجيات لآلة مشابهة.

تشغيل البرنامج) وفيدا إضافيا «ردينا» (يعطي لذلك نتيجة غير مقبولة). إذا ظهرت مثل هذه الأمثلة المضادة، فإنها ستكشف عن عيوب في التصميم. وهكذا، ففي حين أن من يحل الأحاجي يكون سعيدا بعثوره على حل «لمعضلة المزارع»، فإن إيجاد حل لأحجية تصميم البرمجيات يعد خبرا سينا. إذ يعني وجود مشهد غير مرغوب فيه، وأن في التصميم عيبا. ومن وجهة نظر عملية، قد لا يقود المثال المضاد نفسه إلى أية مشكلة لكنه قد يكشف عن تناقض في الكيفية التي وصُف بها المصمم أصلا النتائج غير المقبولة وفي الحالتين ثمة ما يجب إصلاحه إما التصميم، أو توقعات المصمم.

إن الصعوبة الكبرى في البحث عن الأمثلة المضادة هي أن عدد المشاهد المحتملة في تصميم ما، حتى لو كان متوسط التعقيد، للبرمجيات يكون عادة كبيرا جدا، في حين أن قسما صغيرا جدا من هذه المشاهد يقابل أمثلة مضادة. تخيل محاولة وضع خطة لتحديد من سيجلس بجانب من في حفل زواج فإذا كان جميع الحضور متوافقين فيما بينهم، كان الحل بسيطا لكن تغدو المسألة أكثر صعوبة إذا تضمنت لائحة المدعوين أزواجا مطلقين ينبغي إجلالهم بعيدا عن بعضهم بعضا. لنفترض الآن مخططا لتنظيم إجلال يحص حفل زواج «روميو» من «جولييت» فإذا كان ثمة 20 مقعدا، وكان يستطاع أي من 10 ضيوف الجلوس في كل منها، لنجمت ⁽¹⁰⁾ تركيبة ممكنة وحتى لو أمكن فحص بليون مشهد في الثانية، فإن الحاسوب يتطلب 3000 سنة لاستقصاء جميع تلك التراكيب.

في ثمانينات القرن العشرين، عرّف الباحثون مشكلات من هذا النوع باعتبارها فئة خاصة من المشكلات التي في أسوأ الحالات لا يمكن حلّها. إلا بالنظر إلى جميع المشاهد الممكنة لكن في العقد الماضي، وبتوافر استراتيجيات بحث وخوارزميات جديدة، واعتمادا على القدرة الحاسوبية المستمرة في التنامي، ابتكر الباحثون أدوات سميت حلاّات تحقيق الشروط أو SAT (من الكلمة satisfiability). تستطيع معالجة هذه المسائل بسهولة نسبيا. وكثير منها متوافر الآن مجانا ويستطيع غالبا حل مشكلات تتضمن ملايين القيود.

Debugging Cancer Therapy Machines (14)

ينقل الثعلب ويُعيد الإوزة إلى ضفة النهر الأولى، حيث يتركها وينقل الذرة، ثم يعود وينقل الإوزة وبالتحقق من أن كل خطوة تتفق مع القيود، يمكن ضمان سلامة كل من مشترياته.

يفرض التصميم الناجح للبرمجيات مجموعة مشابهة، وإن كانت أشد تعقيدا بكثير، من القواعد ولكي تكون أداة فحص التصميم مفيدة، يجب إيجاد أمثلة مضادة أي حلول للأحجية التي تحقق جميع القيود «الجيدة» (والتي يمكن لذلك حدوثها حين

طريقه إلى البيت أن ينقل مشترياته عبر نهر في قارب لكن القارب لا يحمل إلا المزارع واحد مشترياته في آن واحد وهنا تكمن المشكلة. إذا لم تكن ثمة مراقبة، فإن الثعلب قد يأكل الإوزة، والإوزة قد تأكل الذرة فكيف يستطيع المزارع نقل جميع مشترياته إلى ضفة النهر الأخرى غير مقوصة؟

يتطلب حل هذا النوع من الأحاجي إيجاد مشاهد تحقق مجموعة من القيود، وسنؤدي هذه المهمة ذهنيا بتصور سلسلة من الخطوات. ينقل المزارع الإوزة أولا، ثم

أدوات لتفحص تصاميم البرمجيات^(**)

طور علماء الحاسوب جيلا جديدا من الأدوات لتفحص تصميم البرامج (إضافة إلى الأداة ألوي) يمكن للمبرمجين استخدامها لتحليل واختبار كوداتهم بحثا عن عيوب بنيوية ومفاهيمية يمكن أن تؤدي إلى إخفاق المنظومات التي تشغلها البرمجيات إن أدوات تقييم التصميم هذه، التجارية منها والمفتوحة المصدر open source، تقوم على لغات متخصصة عالية المستوى (حواش تلخص لبنات الكود) طورها الباحثون لتيسير توصيف ونمذجة ومحاكاة المناهج المختلفة المنبئة في تطوير البرمجيات وتتضمن هذه الأدوات محركات تحليل مؤتممة تستكشف العدد الهائل من التنفيذات الممكنة للمنظومة بحثا عن عيوب خفية في التصميم يمكن أن تحمل النظام على التصرف على نحو غير مقبول، وتسمى إحدى هذه الأدوات المثال المضاد تحسوي أدوات تصميم البرمجيات هذه في الكثير من الأحيان تسهيلات يمكن أن تساعد المصممين على رؤية الأمثلة المضادة أو العلاقات بين لبنات الكود

المصدر	الأداة	المصدر	الموقع على الإنترنت
B	B-Toolkit	B Core	www.b-core.com
	Atelier-B	Stera	www.atelierb.societe.com
	Pro-B	University of Southampton	www.ecs.soton.ac.uk/~mat/systems/prob.html
CSP	FDR	Formal Systems Europe	www.fsel.com
FSP	LTSA	Imperial College London	www.doc.ic.ac.uk/~jnm/book/tsa/ltsa.html
Lotos	CADP	INRIA Research Institute	www.inrialpes.fr/vasy/cadp/
OCL	USE	University of Bremen	www.db.informatik.uni-bremen.de/projects/use
PROMELA	Spin	Bell Laboratories	spinroot.com/
Statecharts	Statemate	I-Logix	www.ilogix.com
VDM	VDMTools	CSK Corp	www.csk.com/support_e/vdm/ www.vdmbook.com/tools.php
Z	Jaza	University of Waikato	www.cs.waikato.ac.nz/~marku/Jaza/
Zing	Zing	Microsoft Research	research.microsoft.com/zing/

إن الأداة ألوي، كما تدل تسميتها (في الإنكليزية) هي خليط من عنصرين يساعدان على جعل تصاميم البرمجيات أشد مناعة أحدهما لغة جديدة تساعد على إيضاح بنية تصميم البرنامج وسلوكه، والآخر هو محلل مؤتمت (يتضمن الحلال SAT) يبحث في عدد كبير من المشاهد الممكنة.

الخطوة الأولى في استخدام الأداة ألوي هي وضع نموذج دقيق للتصميم، يتجاوز الرسم التقريبي أو المخطط الانسيابي الذي يُستخدم عادة في هندسة البرمجيات، ليوضح «الأجزاء المتحركة» في المنظومة وتفصيل تصرفاتها ومكوناتها، المرغوب وغير المرغوب منها. فيكتب مهندس البرمجيات أول الأمر تعريفات لمختلف أنواع مكونات التصميم، ثم يجمع هذه المكونات في مجموعات رياضية، أي مجموعات من الأشياء المتشابهة في بنائها وسلوكها (كالمجموعة التي تضم أهالي كل من العروسين، على سبيل المثال) التي تربطها علاقات رياضية (من قبيل العلاقة التي تربط الضيوف الجالسين جنباً إلى جنب).

بعدئذ يأتي دور حقائق تضع قيوداً على هذه المجموعات والعلاقات. ففي تصميم البرمجيات، تتضمن الحقائق آلية المنظومة البرمجية، وافتراسات حول المكونات الأخرى (لنقل: تعليمات حول الكيفية التي يتوقع أن يتصرف بها مستخدمو البرمجيات) إن بعض هذه الحقائق هي افتراسات بسيطة، كأن لا يجلس أحد من آل العريس بجوار أحد من آل العروس في آن واحد، وأن يجلس كل ضيف بجانب ضيفين آخرين تماماً. وبعضها يعبر عن التصميم نفسه: في خطتنا للجلوس، مثلاً، القاعدة التي تنص على أن كل طاولة، باستثناء الطاولة الرئيسية، تُخصص إما لعائلة معينة أو لأخرى.

وأخيراً، هناك توكيدات assertions، هي بمثابة قيود يتوقع أن تنبثق عن الحقائق. وفي مثالنا، فباستثناء «روميو» و«جوليت»، يجب ألا يجلس شخص من آل العروس، من أسرة «كابلويت» بجوار واحد من آل العريس، من أسرة «مونتاكيو». إن التوكيدات تقول إن المنظومة لا يمكن أن تصبح في حالة ما غير مرغوب فيها، وإن مقاليات معينة من

الأحداث السيئة لا يمكن أن تحصل البتة. ويسخر العنصر المحلل من الأداة ألوي الحلال SAT للبحث عن أمثلة مضادة - أي عن مشاهد ممكنة لمنظومة البرمجيات يسمح بها التصميم، لكنها لا تجتاز فحص المنطق (الذي ينفذ بكتابة توكيدات يجب أن تكون صحيحة إذا كان النموذج قد صُمم تصميمًا صحيحًا).

بكلمات أخرى، تحاول هذه الأداة بناء حالات توافق الحقائق، لكنها تخرق توكيدا منصوصا عليه. وفي حالتنا، يمكن أن تولد الأداة مخطط إجلاس الضيوف يجلس فيه مدعو من آل «كابلويت» (غير جوليت) إلى جانب مدعو آخر من عائلة «مونتاكيو» (غير روميو) على الطاولة الرئيسية ولوضع القاعدة التي يتعين اتباعها في تصميم خطة الإجلال. يمكننا إضافة حقيقة جديدة هي أن على «روميو» و«جوليت» أن يحتلا الطاولة الرئيسية لوحدهما. وهنا لا يمكن للأداة ألوي أن تجد مثالا معاكسا.

تشكل المجموعات والعلاقات والحقائق والتوكيدات معا تصريحات هي بمثابة تجريد abstraction يمثل جوهر تصميم البرمجيات. فتدوين هذه الأمور كلها يجعل حدود عمل المنظومة واضحة، ويجبر المهندسين على التفكير ملياً في أي من التجريدات التي ستعمل على النحو الأفضل. إذ إن الاختيار الرديء للتجريد يقبّع في

(*) Importance of Abstraction
(**) Tools for Checking Software Design

التقمة في الصفحة 69

تملكُ مادة الحياة⁽¹⁾

لم تتسبب براءات الدنا DNA في الإخلال بالأبحاث الطبية الحيوية والمعايير المجتمعية الذي توقعه الناقدون. ولكن الطوفان قد يكون في الطريق.

<G> ستيفن

و«K. I. جنس» [من معهد ماساتشوستس للتقانة] 4382 من أصل الـ 23 886 جينة، التي اختُزنت تسلسلاتها في قاعدة بيانات المركز الوطني للتقانة الحيوية والمعلومات، تحمل براءة واحدة على الأقل. وتمتلك الشركة إنسايت بمفردها ما يقرب العشرة في المئة من محمل هذه الجينات البشرية.

ويؤكد مسع قاعدة البيانات الجينية أن تسجيل البراءات الخاصة بالحياة، قد أمسى اليوم راسخاً بقوة ومع ذلك، فلا تزال هذه الظاهرة تُصدمُ العديد من البشر كأمير غريب وشاذ ومقلق. «كيف يمكنك أن تحوز براءة الجينات الخاصة بي؟» هو السؤال الأول الذي غالباً ما يتبادر إلى الذهن. «كيف يمكن لشخص ما أن ينال حقوق ملكية نمط من الفئران أو الأسماك، في حال «ابتكرت» الطبيعة - لا الإنسان - جينات هذا الفأر أو ذاك السمكة؟ ما الذي سيحدث للبحث العلمي المفتوح، في حال أضحي نصف عدد كامل الجينات السرطانية المعروفة مشمولاً في براءات؟ هل يعني ذلك أن على الباحثين أن يخصصوا للمنازعات القضائية وقتاً يفوق ما يخصصونه في البحث عن علاج ما؟».

يتابع الأخلاقيون والقضاة والعلماء ومتفحصو البراءات هذه المناقشات، التي ستنمو وتحتد في حقبة جديدة من طب يتسم بالتوجه الشخصي ويبحث في الجينومات والبروتينومات التي تتفحص في أن واحد فعاليات الكثير من الجينات أو البروتينات المختلفة. إذاً، سيعول الأطباء بشكل متزايد، على اختبارات مسجلة في براءات تتيح للسرييريين (الإكلينيكيين) أن يطابقوا المرضى، ذوي السمات الوراثية المحددة، مع العقاقير الأفضل وبالفعل، يقوم الباحثون حالياً بعمل جينومات بأكملها ومن المحتمل إذاً أن ينتهي عدد كبير من الجزيئات البيولوجية المستعملة في هذه الدراسات المعقدة، مثقلاً باشتراطات الترخيص، التي ستحول إما إلى عدم إجراء أبحاث تقود إلى علاجات جديدة، أو إلى تغذية تضخم كلفة الرعاية الصحية الوطنية، المتخمة أصلاً.

هناك جينة في خلايا جسدك تؤدي دوراً مفتاحياً في المراحل المبكرة من نمو نخاع (الحبل) الشوكي، وملكيتها تعود إلى جامعة هارفرد. وهناك جينة أخرى تصنع البروتين الذي يستعمله فيروس التهاب الكبد من النمط A كي يرتبط بالخلايا: إن وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية تملك البراءة الخاصة بها كما أن الشركة إنسايت Incyte Corporation [التي مقرها الرئيسي في ويلمنغتون بولاية ديلاور] استحوذت على براءة الجينة الخاصة بمستقبل الهستامين: المركب الذي تحرره الخلايا أثناء موسم حمى الكلا إن ما يقارب نصف عدد الجينات المعروفة بانخراطها في السرطان قد شملته البراءات.

تحمل الخلايا البشرية نحو 24 000 جينة، تشكل برنامج الخلايا المئة ألف بليون (مئة ترليون)، التي تكوّن الجسم البشري. ومع بلوغنا منتصف العام الفات (2005)، حرر مكتب الولايات المتحدة للبراءات والعلامات التجارية براءات لصالح الشركات والجامعات والوكالات الحكومية والمجموعات غير الربحية، شملت ما يقرب الـ 20 في المئة من الجينوم البشري وإذا توخينا المزيد من الدقة، فهناك طبقاً لدراسة نُشرت في عدد 2005/10/14 من مجلة ساينس Science من قبل «F. ورتي»

نظرة إجمالية/ تسجيل الجينات في براءات اختراع⁽²⁾

- صادف عام 2005 الذكرى الخامسة والعشرين لقرار المحكمة الحذني، الذي فتح بوابة طوفان من البراءات لكل من الدنا والكائنات الحية الكاملة.
- إن ما يقارب خمس عدد جينات الجينوم البشري، الذي يبلغ قرابة 24 000 جينة، يشتمل على براءة واحدة أو أكثر. كما أن 50 في المئة تقريباً من الجينات المسرطنة المعروفة سُجلت في براءات.
- عموماً، الإعاقة التي يُخشى منها على الأبحاث الأساسية نتيجة ملكية كل من الوسائل القائمة على الجينات وعلى المعرفة الحرجة، لم تتبلور بعد، ولكن هذا قد يحدث مع دخول الاكتشافات الجينومية والبروتينومية حيز الاستثمار التجاري.
- عموماً لقد تم في الولايات المتحدة تجاهل القضايا الأخلاقية المرتبطة بالبراءات لدى تطبيق واتباع سياسات وقرارات قانونية؛ في حين لا تزال هذه الموضوعات في حيز اعتبارات كل من أوروبا وكندا.



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 104 221



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 001 422



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 001 422



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 917 531



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 932 199



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 932 199



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 932 199



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 302 281



برامج الولايات المتحدة
رقم 8 815 221

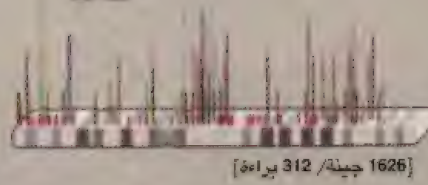


برامج الولايات المتحدة
رقم 8 154 452

عدد البراءات في
الموضع الجينومي

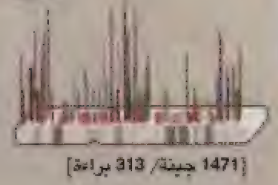
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22

11



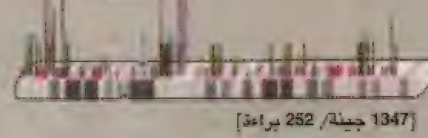
[براءة 312 / جينة 1626]

17



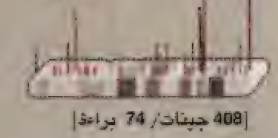
[براءة 313 / جينة 1471]

12



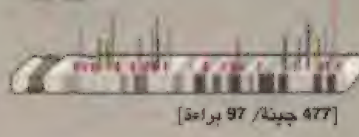
[براءة 252 / جينة 1347]

18



[براءة 74 / جينات 408]

13



[براءة 97 / جينة 477]

19



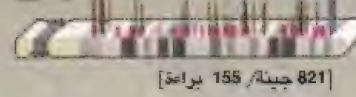
[براءة 270 / جينة 1715]

20



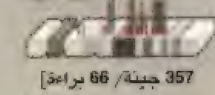
[براءة 178 / جينة 762]

14



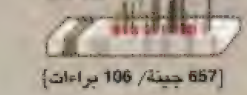
[براءة 155 / جينة 821]

21



[براءة 66 / جينة 357]

22



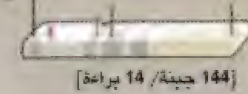
[براءة 106 / جينة 657]

15



[براءة 141 / جينة 915]

Y



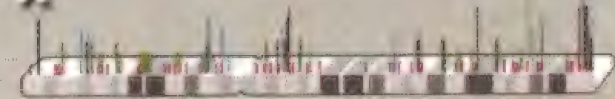
[براءة 14 / جينة 144]

16



[براءة 192 / جينة 1139]

X



[براءة 200 / جينة 1090]

[براءة 233 / جينة 1086]

[براءات 208 / جينة 952]

[براءة 225 / جينة 1401]

[براءات 232 / جينات 1410]

إلترك» [طالباً تسجيل براءة متمثلة في سلالة متفرقة من بكتيريا الزائفة pseudomonas، قادرة على تفكيك بقع النفط، بكفاءة تفوق ما ينجزه مختص بالمعالجة الحيوية، يستعين بعدة سلالات لإنتاج ذات المهمة إن «شاكراياتي» لم يصنع هذه السلالة عبر ما الفناء من تطبيقات للهندسة الجينية. في الواقع، لم تبتكر طرائق تعديل الدنا DNA المنشوب إلا في العام الذي تقدم فيه هو بطلب تسجيل البراءة عوضاً عن ذلك، «سمكر» «شاكراياتي» هذه البكتيريا بطريقة أكثر تقليدية، وذلك عبر حثها على قبول بلازميدات (حلقات من الدنا).

(١١) جمع بكتيرة

إن السؤال حول «من يملك الحياة» قد سبق وأن طرح، ولكن ما أخذه باحثو معهد ماساتشوستس للتقانة بعين الاعتبار، من تقاطع للملكية الفكرية مع البيولوجيا الجزيئية، تزامن مع الذكرى الخامسة والعشرين لقرار كان بمثابة نقطة تحول: اتخذته المحكمة العليا في الولايات المتحدة الأمريكية وقضى بإمكان تسجيل الكائنات الحية في براءات، في حال كانت هذه تنطوي على تدخل بشري. أي عندما يكون بإمكاننا، من حيث الجوهر، أن نصنف هذه الكائنات على أنها «صنعية» الإنسان.

في عام 1972، تقدم M. A. شاكراياتي [وهو مهندس لدى «جنرال

طرائق التاشيب في تركيب الإنترفيرون: حاز على إثرها كل من «كوهين» و«H بوير» براءة تقنية مفتاحية لمثابة الدنا. لقد كان الجو مفعما بالرغبة في تعزيز الثقافة. ووافق الكونغرس على تشريع بيه-دول Bayh-Dole الذي يتيح للجامعات الانخراط في اتفاقيات خاصة بالترخيص الحصري للتقنيات التي تملك براءتها. كما أجاز تشريع ستيفنسون-وايدر Stevenson-Wylder لمعاهد الصحة الوطنية والوكالات الفدرالية الأخرى ما تجارته للجامعات.

وفي خضم ذلك تلقى قضاة المحكمة العليا «مذكرات حول القضية مقدمة من قبل أشخاص أو مجموعات لهم اهتمام بها من دون أن يكون لهم علاقة مباشرة بها»، ارتأى البعض الموافقة والآخر رفض الطلب الوارد في براءة «شاكراباتي». وحثت مجموعات متنوعة، من الشركة جينتيك Genentech إلى أعضاء مجلس جامعة كاليفورنيا، على قبول طلب البراءة، مستشهدة - على سبيل القصر لا الحصر - بقوائد ستعكس على كل من جهود التطوير الدوائي والإصلاح البيئي ومساعي إيجاد مصادر جديدة للطاقة. في حين أن هيئة مصالح الأهالي Poepple Business Commission، التي يشارك في رئاستها الناشط «إ. ريفكين» شجبت بشدة تحويل الحياة، ووصفت كوارث بيئية وشبكة كعواقب لذلك.

وبالاستناد إلى الأكثرية، رفض رئيس المحكمة العليا «W بركر» الاعتراضات حول تسجيل الحياة في براءات، باعتبار أنها في غير موضعها، قائلا «إن أي شيء على الأرض من صنع الإنسان» يمكن تسجيله في براءة. وبقي التساؤل الوحيد المطروح من قبل المحكمة العليا، فيما إذا كانت البكتيريا من «نتاج الطبيعة» أو أنها «ابتكار بشري». «لم يكن بوسع أينشتاين» تسجيل قانونه الشهير $E=mc^2$. ولا كان بإمكان «نيوتن تسجيل قانون الجاذبية في براءة» ولكن باعتبارها نتاجا للإبداع البشري، يجب أن يكون لبكتيريا «شاكراباتي» الهندسة هذه وضع مختلف. ويرفض المحكمة لعرض الأمور الشنيعة والرهيبية الذي تقدم به «ريفكين»، أوحى المحكمة بأنها غير قادرة على الوقوف حجر عثرة في وجه التقدم وأضاف «بركر» أن الكم الكبير من الأبحاث التي أنتجت فعلا، عندما لم يكن لدى أي باحث معرفة أكيدة من أن حماية البراءة ستكون متاحة، يوحي بأن الإجازة التشريعية أو القضائية فيما يتعلق بإمكانية تسجيل براءة أو عدمه، تعجز عن منع العقل العلمي من سبر

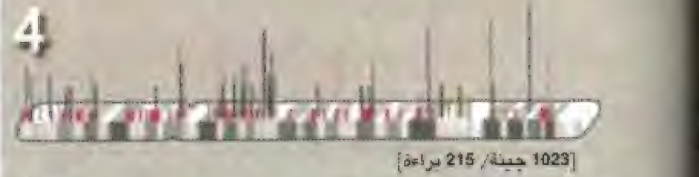
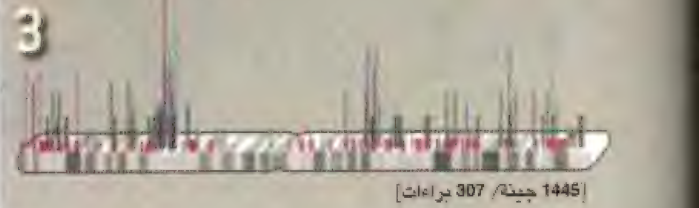
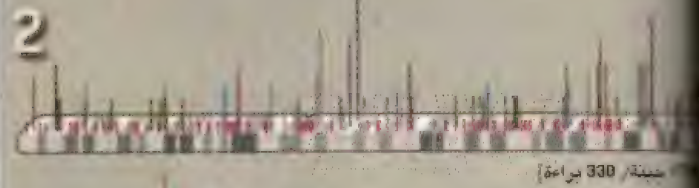
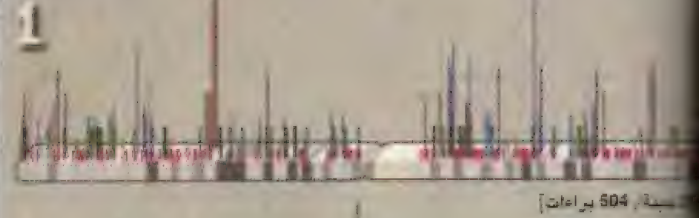
المجهول كعجز «كانوت» في السيطرة على ظاهرة المد في البحر وبعد القرار الذي اتخذته خمسة قضاة ضد أربعة، اعتمدت الصناعة والهيئات الأكاديمية التفسير الواسع لإمكان تسجيل البراءة المستوحى من قضية «شاكراباتي»: وذلك ليس كمبرر لتسجيل براءة الجينات فحسب، بل أيضا لتسجيل مواد الحياة الأخرى، كمجمل الكائنات الحية والخلايا بما في ذلك الخلايا الجذعية، وهذه أمثلة فقط ضمن قائمة غير مكتملة. لقد اتبعت

(١) "mend-of-the-cord boys"

(٢) أمير دافنركي ارتقى عروش انكلترا والداسمارك والروح يُعتقد أنه ولد عام 994 وتوفي عام 1035 (التحرير)

تشير هذه الخريطة لتسجيلات الإنسان إلى توزيع كم البراءات المسجلة للجينات في الولايات المتحدة الأمريكية. ويمثل كل عمود ملون عدد البراءات في قطعة معينة من الصبغي، التي يمكن أن تشمل عدة جينات. يمكن للبراءة الواحدة أن تغطي عدة جينات، كما يمكن للجينة الواحدة أن تغطي براءات عديدة. ونتيجة لذلك، فإن عدد البراءات المشار إليها والخاصة بكل صبغي، لا يساوي بالضرورة مجموع القيم المثلثة بالأعمدة الملونة.

الصبغي



أخذت من سلالات أخرى تحوي الخصائص المطلوبة. حينذاك رخص مكتب البراءات طلب «شاكراباتي» هذا، معللا ذلك بعدم إمكانية تسجيل سلالات هي «كائنات حية» و«نتاج الطبيعة» وفي عام 1980، عندما قررت المحكمة العليا النظر في استئناف دعوى «شاكراباتي»، كان واقع البيولوجيا الجزيئية يتغير بصورة جذرية فقد أصبح تعديل الدنا من كائن حي إلى آخر أمرا شائعا وفي ذات العام نشأت، شركة جديدة، هي أمجن Amgen، بغية استثمار هذه التقنية الوليدة، المتمثلة في قطع الدنا ولصقه كما نُشرت في حينه، ورقة علمية تصف بالتفصيل كيف تم استعمال

عدد البراءات السنوية في الولايات المتحدة ذات الصلة بالإنسان (أو الرنا)
إن منح البراءات المرتبطة بالحموض النووية، والتي تشمل اللابشرية، أدرك ذروته في عام 2001، ثم انخفض (الرسم البياني)، ربما بسبب التشديد في المستلزمات لقد أدرجت في الجدول أسماء مالكي الكثير من البراءات



براءات الجينات البشرية

كما توضح لوحة الباي، فإن القطاع الخاص في الولايات المتحدة كان المالك الأكبر للبراءات في الجينات البشرية، والتي يبلغ عددها 23 688 جينة مسجلة في قاعدة بيانات المركز الوطني لمعلومات التقنية الحيوية، حتى الشهر 2005/4



عدد البراءات*	كبار مالكي البراءات
1018	University of California
926	U.S. government
587	Sanofi Aventis
580	GlaxoSmithKline
517	Incyte
426	Bayer
420	Chiron
401	Genetech
396	Amgen
388	Human Genome Sciences
371	Wyeth
365	Merck
360	Applera
358	University of Texas
347	Novartis
331	Johns Hopkins University
289	Pfizer
287	Massachusetts General Hospital
257	Novo Nordisk
255	Harvard University
231	Stanford University
217	Lilly
207	Affymetrix
202	Cornell University
192	Salik Institute
186	Columbia University
185	University of Wisconsin
184	Massachusetts Institute of Technology

* حتى 2005/9/14

ليس ميسم التسلسل المعبر عنه (EST) سوى قطعة من الدنا، تمت تسلسلها وتتألف من مئات قليلة من النكليوتيدات، تقع في إحدى نهايتي الجينة. ويمكن استعمال الميسم EST مسباراً لأصطياد كامل طول الجينة سريعاً ضمن الصبغي (الكروموسوم). لذلك فقد بادر الباحثون إلى تقديم طلبات تسجيل براءة في الميسم EST، وكانوا أحياناً يعدون بالمئات. وقد عمدوا إلى ذلك من دون علم بحقيقة ما تفعله الجينة التي ينتمي إليها الميسم EST. إن غالباً ما خمن أصحاب الطلب الوظيفة البيولوجية لقطع الجينات. عبر دراسة قواعد بيانات البروتينات والدنا لقد علّق بهذا الصدد البرنس [الرئيس السابق للأكاديمية الوطنية للعلوم] قائلاً: «إن هذا ينطوي على القليل من الجهد، وانعدام الأصالة تقريباً».

إن المسوّج لتسجيل تسلسلات الميسم من الدنا غير واضحة الوظيفة، هو إمكانية استخدام تسلسلات الميسم EST كأدوات بحثية ولكن هذا السبب عينه هو الذي أقلق السواد الأعظم من المجتمع العلمي فقد يطلب أصحاب براءات تسجيل مسابير الميسم EST، إلى الباحثين، الحصول على ترخيص رسمي لاستعمال هذه الأدوات، الأمر الذي يحملهم تكلفة إضافية ويضع حواجز أمام البحث الطبي، وقد

Who Owns the Patents? (•)
Little Effort, less Originality (•••)

البراءات الأولى، التي حررت لتسجيل الجينات. عن كثب التقليد المتبع في تسجيل براءة المواد الكيميائية ففي الواقع، الشركة «إنسايت» لا تمتلك، الحقوق في جينة مُستقبل الهستامين الموجودة في جسمك، بل هي تمتلك فقط حقوق الشكل «المعزول والنقي» لهذه الجينة. وفي بعض الأحيان، استند فاحصو البراءات أو المحاكم إلى ما ورد في دستور الولايات المتحدة من تحريم للعبودية، كي يبرروا عدم إمكانية تسجيل براءة مضمونها إنسان ما أو أجزاء من جسده. إن البراءة بجينة معزولة ومستنسخة (منسّلة) والبروتين الذي تنتجه توفر للمالكها الحقوق الحصرية لتسويق بروتين (كالأنسولين أو هرمون النمو البشري)، بالطريقة ذاتها التي تتيح لمالك مصنع مواد كيميائية تنقية الفيتامين B مثلاً وتقديم طلب تسجيل براءة بذلك.

جهد ضئيل وأصالة أقل

بنتيجة الخطى السريعة لتطور التقنيات، انقلب، مرة أخرى، الوضع في التسعينات. فتقنيات السلسلة العالية السرعة، التي نشأت في ذلك العقد من الزمن وعززت مشروع الجينوم البشري، قد أخذت بهذه المطابقة التبسيطية مع براءة المواد الكيميائية.

تسجيل الحياة ببراءات: التسلسل الزمني

لقد تصارع نظام البراءات - ممثلاً بالمحاكم والقاضين - باستمرار مع التساؤل: ما الذي يمثل فعلاً إبداعاً (ومن ثم يستحق التسجيل في براءة)؟ وما الذي يمثل مجرد محاولة لمصادرة قانون فيزيائي أو مادة من واقع العالم الطبيعي. فيكون مبرراً لرفض طلب التسجيل؟

عام 1889

لقد حدد مفوض البراءات أن النباتات، حتى المستولدة صناعياً، هي من «نتائج الطبيعة»، لذا فهي غير مؤهلة للتسجيل في براءة. لقد حاول صاحب الطلب (في هذه الحالة شركة إكس پارت لاتيمير Ex part Latimer) أن يسجل ألبافاً عزلت من النبات في براءة، فرفض طلبه.

السوسن



عام 1930

ووفق كونغرس الولايات المتحدة على قانون براءة النباتات. القانون سمح بتسجيل براءة أنواع نباتية جديدة تتوالد لاجتسيا

عام 1948

قضى حكم صادر عن المحكمة العليا أن ضم بكتيريات بعضها إلى بعض لا يُعد إبداعاً [فتت] برولرس سيد كومباني (شركة الإخوة «فتت» للنور) ضد كالور إنوكبولنت كومباني (شركة كالور للقاحات).

عام 1971

بدأت سيتيس Cetus أعمالها أول شركة للتقانة الحيوية

ببسبب أيضاً في إعاقة تطوير طرق تشخيصية وعلاجية جديدة.

وفي مقالتهما التي نشرتها مجلة ساينس Science عام 1998، عبر كل من R. أيزنبرگ [من كلية حقوق جامعة ميتشكان] وكذلك A.M. هيلر [الموجود حالياً في كلية حقوق جامعة كولومبيا] عن قلقهما من نشوء كيان المناقض للمشاركة anticommon، وهو الكيان المناقض لحوض المعلومات المشتركة التقليدي، الذي يتشاركه بحرية الباحثون كافة. ولقد تعززت هذه المخاوف عبر المد الجري، لبعض هذه الطلبات، والتي لم تكف بتسجيل تسلسلات الميسم EST، بل تجاوزت ذلك لتشمل التسلسلات المجاورة لها، وهذا يمكن أن يترجم نظرياً، في إمكانية الحصول حقوق ملكية صبغي ما بأكمله.

ولكن اعتراضاً آخر، أكثر توظيفاً لمفهوم البراءات تمثل في حقيقة أن استعمال الميسم EST لتحديد موضع الجينات يتم في قاعدة البيانات وليس في المختبر. فأهمية تسلسلات الميسم EST تكمن أكثر في كونها معلومات، وليس في كونها «عمليات أو آلات أو تصنيع أو تركيب مواد»، أي أشياء ملموسة مؤهلة للتسجيل في براءة. وقد سبق أن اعتبرت الأفكار المجردة، بحكم التقليد، خارج نطاق المواضيع التي تقبل التسجيل في براءة، مع أن عدداً من القضايا التي بنت فيها المحاكم الفدرالية، في السنين العشر الأخيرة، قد جعل هذا التمييز أمراً عسيراً.

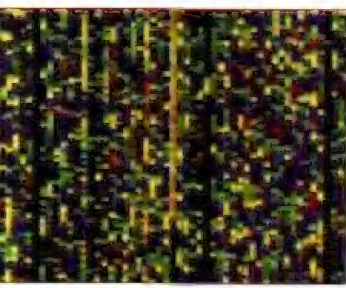
إن السماح بتسجيل براءة المعلومات، قد يقوض المؤثرات التي تحفظ التوازن، والتي تعد حجر زاوية مجمل هذه المنظومة. يجب على المتقدمين بطلبات التسجيل في براءة ما كمقايضة لعشرين عاماً من الاحتكار، أن يصرحوا عن كيفية صنع الاختراع، بحيث يتمكن الآخرون من استعمال هذه المعرفة، لتحسين التقنيات الموجودة. إذاً، كيف سيعمل أسلوب التعويض التقليدي هذا، إذا ما كانت المعلومات التي كُشفت للآخرين، هي نفسها موضوع البراءة؟ وهل سيتمثل مجرد استخدام تلك المعلومات، في سيرة إجراءات البحث العلمي، مجازفة بانتهاك حقوق البراءة؟

واستجابة لبعض من هذه الضغوط، أصدر مكتب براءات

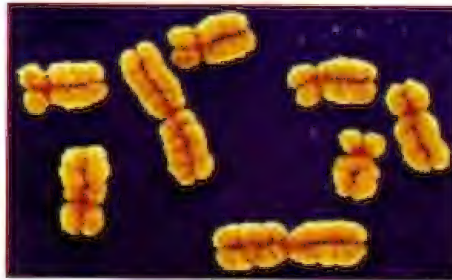
الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2001 دليلاً جديداً نهائياً يوجه دارسي الطلبات نحو البحث عن «منفعة نوعية ومادية» لدى منحهم براءات التقنيات الحيوية. وفي معظم الفروع التقنية الأخرى، يعتبر مطلب كون البراءة مفيدة ثانوياً، مقارنة بمعايير أخرى كذلك الخاصة بحقيقة كون الابتكار جديداً، لأن معظم المبتكرين لا يسعون إلى حماية ابتكارات لا قيمة لها. أما في ميدان التنافس على البراءات الخاصة بالحياة، فإن تقويم فائدة الابتكار أصبح حقيقة «مصفاة حرجة» في مسعى ضبط جودة البراءة، وتعيين سلسلة من الدنا ببساطة، للعمل مسباراً جينياً، أو واسماً لصبغي ما، لا يكفي للوفاء بمستلزمات هذه القواعد الجديدة.

لقد كان لهذه التغييرات بالفعل أثرها. فحتى الآن، كما تبين من الأكاديمية الوطنية للعلوم، لم تُمنح براءات إلا لعدد ضئيل من تسلسلات الميسم EST. وأتى التأكيد المهم لمنهج مكتب البراءات الجديد في إنهاء البراءات العديمة الفائدة أو المفرطة في عموميتها، عبر قرار اتخذ في 2005/9/7 من قبل محكمة الاستئناف الفدرالية المتنقلة للولايات المتحدة U. S. Court of Appeals for the Federal Circuite (CAFC)، التي تنظر في حالات الاستئناف الخاصة بالبراءات. لقد أيدت هذه المحكمة رفض مكتب البراءات طلب شركة «مونتسانتو» منحها براءة خمسة مياسم EST نباتية غير مرتبطة بمرض محدد، لأن هذه البراءة كانت ستعني كما جاء في كتاب رئيس قضاة المحكمة المتنقلة «P. ميشل» «رخصة صيد»، فتسلسلات المياسم EST هذه المطالب بها، لا يمكن أن تستعمل إلا في سبيل الحصول على معلومات إضافية حول الجينات ذات الصلة.

في الشهور الأخيرة، بدأت، بيانات تتعلق بالمناقض للمشاركة anticommons بالظهور. ففي مسح قامت به الأكاديمية الوطنية للعلوم، ضمن جزء من تقرير جيني ثمار أبحاث الجينوميات والبروتيوميات Reaping the Benefits of Genomic and Proteomic Research، الذي نُشر في أواسط الشهر 2005/11، تم جمع آراء 655



سلسلة الدنا



صبغيات (كروموسومات) بشرية



«أ. شاكرابارتي»

عام 1980

قضت المحكمة العليا أن بكتيرة «A» شاكرابارتي ليست من «نطاق الطبيعة» لذا يمكن تسجيلها في براءة وكذلك صرحت المحكمة أن كائنات

حية أخرى من «صنع الإنسان» قابلة أيضا للتسجيل في براءة. ووافق الكونغرس على قانون بي-دول Bayh-Dole [تعديل قوانين البراءات والعلامات التجارية] الذي سمح للجامعات بتأمين الترخيص الحصري لممتلكاتها الفكرية

عام 1996

اتخذ علماء كل من القطاعين العام والخاص. من أنحاء العالم كافة، المتخطفين في سلسلة الدنا قرارا - سعي قواعد بيرميودا - بنص على «أنه ينبغي أن تكون جميع المعلومات المتعلقة بتسلسلات الجينوم البشري، التي يتم جمعها في المراكز الممولة لسلسلة جينوم الإنسان على نطاق واسع، متاحة مجانيا ونحصرها للجميع»

عام 1990

انطلاق مشروع الجينوم البشري.

عام 1988

حصلت جامعة هارفرد على براءة في الفأر السرطاني OncoMouse، فأرض بحمل جينة عززت في جينومه، تؤهبه للإصابة بالسرطان

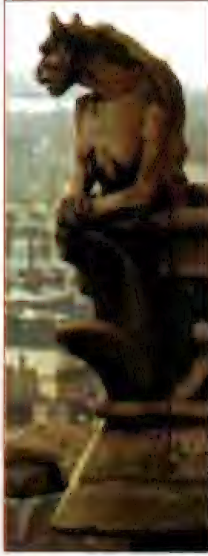
Single Nucleotide Polymorphism Consortium، الذي رسم خريطة الاختلافات الجينية في الجينوم البشري. وفي بعض الحالات، استصدر الباحثون براءات في إجراء دفاعي، كي يضمنوا أن شخصا آخر لن يجمع هذه المعرفة لنفسه. وتسعى كل من الشركات ومؤسسات الصحة العامة، التي تعمل على اكتشاف وسلسلة فيروس السارس SARS، أي المتلازمة الرئوية الالتهابية الوخيمة sever atypical respiratory syndrom، إلى تشكيل «جميعية براءات» كي يحول دون نشوء ترخيص حصري لجينوم السارس. لقد أحبط تبني القطاع العام لهذا المنهج فكرة تأسيس عمل يعتمد على قاعدة معلومات عامة. إن كلا من «سيليرا للجينومييات» و«إنسايت» - وهما شركتان رائدتان في حقل الجينومييات - أعادت بناء هيكلتيهما في السنوات المبكرة من القرن الجديد لتصبحا شركتي اكتشاف أدوية. ولكن «C. د. فنتر»، الذي كان بمثابة رأس حربة جهود القطاع الخاص لسلسلة الجينوم البشري، غادر الشركة «سيليرا» وتحول إلى ناقد صريح فقد علق «فنتر» في مؤتمر علمي عام 2003 قائلا: «لقد أثبت التاريخ أن براءات الجينات لم تكن تساوي قيمة الورق الذي كتبت عليه، والوحيدون الذين كسبوا المال من هذه البراءات هم محامو البراءات».

كذلك فإن تكتلا للبراءات يعرقل الأبحاث الأساسية، قد فشل أيضا في التطور، ذلك لأن الأكاديميين يميلون إلى عدم احترام الملكية الفكرية. فالأبحاث اللاتجارية في نظرهم مستثناة. مع أن قرارا اتخذته المحكمة CAFC في عام 2002 بشأن حالة «M v. ديوك»، جرد الجامعات والمعاهد الأخرى اللاربحية من أي امتياز أو وضع خاص. لقد قررت المحكمة أن الأبحاث اللاتجارية تعزز «الأهداف التجارية الشرعية» للجامعة. وهكذا، فإن كلا من أدوات البحث ومواده - وقد يتضمن ذلك الدنا - لا تستحق أي إعفاء (باستثناء إعفاء، يتناول الأبحاث الخاصة بتحضير الطلب بهدف

باحثا اختبروا عشوائيا من الجامعات والمختبرات الحكومية والصناعة، حول تأثير البراءات الخاصة بالحياة في أبحاث الجينومييات والبروتيومييات وتطوير الدواء. وقد تبين في هذه الدراسة أن 8 في المئة فقط من الأكاديميين، يرون أن أبحاثهم، في العامين السابقين، كانت على علاقة بالبراءات التي يمتلكها الآخرون، في حين أن 19 في المئة لم يكونوا على علم فيما إذا كانت أبحاثهم قد تداخلت مع البراءات، و73 في المئة أعربوا عن كونهم في غنى عن استعمال براءات الآخرين. وانتهى التقرير باستنتاج أنه: «في الوقت الحاضر، يبدو أن مقدار حرية الوصول إلى البراءات أو إلى زاد المعلومات في الأبحاث الطبية الحيوية، نادرا ما يفرض عبئا ذا شأن على الباحثين الأكاديميين في هذا المجال».

يلاحظ أن عدد البراءات التي يسعى إليها الأفراد بنشاط، قد هبط أيضا هبوطا جوهريا. ووفقا لتقرير حديث نشر في مجلة نيكتشر بيوتكنولوجي Nature Biotechnology، فإن عدد البراءات المتعلقة بالحموض النووية أو بالمصطلحات الوثيقة الصلة بها، قد وصل إلى أقصاه في عام 2001 مع ما يقرب من 5004 براءات، ثم هبط في السنوات الأربع التالية. وهذا النزوع قد يكون جزئيا نتيجة تشدد مكتب البراءات في معيار المنفعة [انظر الإطار في الصفحة 64].

ربما يعزى بعض هذا الانخفاض إلى واقع نجاح حركة تبنت مبدأ المصدر المفتوح في العلوم الطبية الحيوية، كتلك التي اعتمدت في تقنيات المعلوماتية. ففي عام 1996، ابتكر علماء، من كافة أنحاء العالم ينتمون إلى القطاعين العام والخاص. ما أصبح يعرف بقواعد برمودا Bermuda Rules وهذه تنص على أن جميع المعلومات الخاصة بتسلسلات الدنا DNA المتصلة بمشروع الجينوم البشري يجب أن توضع على الفور في متناول الجميع. وفيما بعد، تم أيضا تشجيع تشارك البيانات في مشاريع أخرى واسعة النطاق، مثل مشروع اتحاد تعدد أشكال النكليوتيد الأحادي



خيميرا chimera

عام 2005

أصدر مكتب البراءات رفضاً نهائياً لطلب تسجيل براءة تقدم به «S. نيومان» و«D. ريفكن» لخيميرا افتراضي هجين جزء منه بشري وجزء آخر حيواني لقد أراد هذان المعارضان لتسجيل الكائنات الحية في براءات، الحصول على براءة تمنع أيًا كان من لتكوين حيوان مماثل في المستقبل

عام 2002

المحكمة العليا الكندية تنظر في استئناف، أدى إلى رفض منح براءة الفأر الورمي لهارفورد

عام 2003

اتخذ الكونغرس تدبيراً احتياطياً في ميزانية مكتب البراءات، مجرماً منح براءات في «الكائنات الحية البشرية»؛ وهو إجراء تنظيمي لسياسة المكتب القائمة

عام 2001

أصدر مكتب البراءات في الولايات المتحدة دليلاً نهائياً، رفعت فيه معايير النفعية وكم تفاصيل الابتكار التي يتعين الإفصاح عنها، والضرورة بشكل جرمي، للحصول على البراءات وهذا الإجراء، جاء نتيجة لكثرة طلبات البراءة على شدة الجينات



فأران سرطانيان

عام 2000

ماتن عن مسودة مبنية للجينوم البشري

رئيس الولايات المتحدة «بيل كلينتون» ورئيس وزراء «سبانيا» «خوسيه بلير» بياناً بأن «البيانات الأساسية، غير متاحة» عن الجينوم البشري، بما في ذلك تسلسل دنا الإنسان بأكمله، يجب أن تكون متاحة مجاناً للعلماء في كل مكان. ثم هذا البيان عانت أسهم التقنية الحيوية هبوطاً حاداً

تقديم ملف خاص بعقار جديد

وعلى العموم، ليس لدى أصحاب البراءات نية في طرق أبواب المختبرات بشدة، بغية تقصي الانتهاكات. في أعقاب قرار «مادي»، وطبقاً للمسح الذي أجرته الأكاديمية الوطنية للعلوم. ارتفع قليلاً معدل الملاحظات من أصحاب البراءات، إلا أن هذه الزيادة لم تحدث خرقاً رئيسياً. ولكن تنامي الوعي بغياب الإعفاء قد يؤدي إلى خلق مناخ بحثي أكثر تقيداً، وهو ما دفع هيئة مستشاري الأكاديمية الوطنية للعلوم إلى توجيه توصية للكونغرس، لتشريع إعفاء قانوني خاص بالبحث العلمي.

قد تبدأ العقوبات الرئيسية في وجه الملكية الفكرية بالظهور عند بلوغ الجينومات والبروتيومات - وهما حقلان تتم فيهما دراسة شاملة لعدد كبير من الجينات والبروتينات - مرحلة النضج. وقد لاحظت الهيئة الاستشارية للأكاديمية الوطنية للعلوم «أن العبء على كاهل الباحث، الذي ينوي الحصول على حقوق ملكية فكرية تغطي تلك الجينات أو البروتينات، قد يصبح غير مقبول، تبعاً لدرجة اتساع المجال الذي تشملته البراءة، والكيفية التي يستجيب بها أصحاب البراءة، تجاه الانتهاكات»

إن جني ثمار الجينومات والبروتيومات في إطار تشخيص طبي ودوائي لا يزال في بداياته فقط وتقول «A B» كولفيلد [المستشارة القانونية العامة في أفيميتريكس Affymetrix (شركة الرقائق الجينية، التي عارضت تسجيل الدنا في براءات، لأن ما سينتج من هذه البراءات سيعيق البحث)] «إن الاصطدام بالمواضيع المتعلقة بالملكية، سيبرز فعلاً بمجرد اقتراب تلك الفعاليات من السوق»

وتقول «كولفيلد» إن هنالك أمثلة واقعية عن براءات واسعة الطيف جداً، أضحت فعلياً عبئاً على كل من الصناعة والأكاديميا. إن جينيتيك تكنولوجيز ليميتد Genetic Technologies Ltd شركة أسترالية تملك براءات توظفها للحصول على ترتيبات ترخيص خاصة من كل من

الشركات والجامعات التي تجري أبحاثاً في الجزء غير المكود من الجينوم. إن اتساع نطاق هذه البراءات، والتي تغطي الطرق المعتمدة من أجل الحصول على معلومات عن 95 في المئة تقريباً من الجينوم. وهو الذي يطلق عليه أحياناً، على نحو خاطئ، الدنا الرُّمَم (السُّقَط) Junk DNA، قد يجعل معظم العلماء لا يصدقون ما يرونه. ومهما يكن، فإن «جينيتيك تكنولوجيز» قد بدأت فعلاً بإجراء ترتيبات ترخيصية مع عملاقتي الثقافة الحيوية في الولايات المتحدة: شركتي جينزاييم Genzyme وأبليرا Apleria، أمهات شركتي «سيليرا» وإيلاند بيوسيسستم Applied Biosystems

الحفاظ على النظام العام

إن صانعي السياسة والمحاكم الأمريكية لم يلجؤوا عموماً، فيما يتعلق بمالكي البراءات، إلى أسلوب المنع أو الكبح فيما يتعلق باستثمار التقانات الحيوية الجديدة تجارياً. ومع أن الهيئات الاستشارية الحكومية غالباً ما تناولت المسائل الأخلاقية والفلسفية والاجتماعية، فإن هذه الاعتبارات نادراً ما أدخلت إلى باحة القرار الفعلي الذي يحدد فيما إذا كان ينبغي توسيع الحماية من خلال براءات تشمل الكائنات الحية في قضية «شاكرابارتي»، سوَّغت المحكمة العليا قرارها جزئياً من خلال اقتباس بيان أدلى به أول مفوض للبراءات، «T. جيفرسون» [الرئيس الثالث للولايات المتحدة] بقضي بأنه «يجب أن يلقى الإبداع تشجيعاً حراً»

تمثل أحد التساؤلات الواضحة، التي أثارها القرار الخاص بقضية «شاكرابارتي»، بما يلي. أين يقف تسجيل براءة الحياة؟ هل سيمتد ليشمل مخلوقات أعلى مرتبة من سوية الزائفة Pseudomonas المتدنية في شجرة تشكل الأنواع؟ ففي عام 1988، وبعد ثماني

سنوات من قضية «شاكرابارتي»، أصدر مكتب البراءات البراءة ذات الرقم 4 736 866 براءة خاصة بأنكوماموس هارفرد Oncomouse (فار هارفرد الورمي)، الذي يحتوي على جينة تؤهب الحيوان للإصابة بالسرطان، ويمثل أداة قيمة في البحث حول هذا المرض ونستطيع تتبع المسوّغ لمنع البراءة، مباشرة، عبر حجج القضاة التي وردت في قضية «شاكرابارتي» والتي تنص على أن، إضافة الجينة السرطنة يعني أن هذا فار «مبتكر» من قبل الإنسان.

لم تعالج جميع بلدان العالم، موضوع تسجيل الكائنات الحية العليا، من خلال التحيز نحو مبدأ المنفعة: الذي برز لدى محاكم الولايات المتحدة وبيروقراطيتها. فلقد توصلت كندا منذ وقت جد قريب إلى قرار مختلف كلياً، تناول الحيوان الثديي الصغير الذي يحمل جينة إضافية، فعبّر الاستئناف، رفضت المحكمة العليا الكندية براءة فار هارفرد الورمي. وقررت المحكمة في عام 2002 أن الوصف «تركيب المادة» - الذي هو في جوهره منتج مُختَرع، أهل للتسجيل في براءة - يجب أن لا يطبق على الفار. ولقد أكد القاضي <M> باستاراخ: «إن حقيقة كون أشكال الحياة الحيوانية تمتلك أنواعاً عديدة من السمات الفريدة، التي تسمو فوق المادة الخاصة المكونة لها، تجعل من الصعب وضع هذه الأشكال العليا من الحياة في مفهوم يقتصر على تحديدها كمجرد «تراكيب للمادة» إنها جملة غير ملائمة. كما يبدو. لوصف أشكال الحياة العليا».

وكذلك كانت أوروبا أكثر حذراً من الولايات المتحدة فيما يتعلق بتبني الفار الورمي. فلقد ضيق مكتب البراءات الأوروبي المجال الذي شملته براءة الفار الورمي، حتى اقتصر على الفئران من دون القوارض الأخرى وتمكن هذا المكتب من فعل ذلك عبر استشهاده بفقرة شرطية وردت في قانون البراءات، ولا يوجد ما يقابلها في القوانين الأمريكية وهي الفقرة 53 من الاتفاقية الأوروبية للبراءات التي تحظر إصدار براءات تهدد «النظام العام أو الأخلاق».

كما عمد المشرعون الأوروبيون إلى تحجيم قوة مستند براءة جينات الثدي السرطانية، التي تمتلكها شركة ميرباد جينيتكس Myriad Genetics والتي قاعدتها في ولاية يوتا. لقد ثبتت براءات الجينات التشخيصية، أكثر من غيرها من الدنيا. في الولايات المتحدة كلا من البحث والطب السريري. فقد استعملت «ميرباد» براءاتها في منع المراكز الرئيسية للسرطان من استنباط اختبارات رخيصة - من خلطة بيتية home brew - تتبع الكشف عن جينتي سرطان الثدي BRCA1 و BRCA2. أما في أوروبا فقد تحدى ائتلاف يمثل عدداً من المعاهد البحثية براءات «ميرباد»، مبطلاً بعضها ومقيداً غيرها. وبسبب هذا التقليل الراجع لحقوق الشركة «ميرباد»، أصبحت هذه الاختبارات حالياً حرة، وفي متناول الجميع، عدا نساء اليهود الأشكناز (اليهود الغربيين)، اللواتي لا يزال يتوجب عليهن دفع أجور الترخيص هذه الطفرات، التي لا تزال مشمولة في البراءات المتبقية للشركة «ميرباد». أكثر شيوعاً لدى النسوة من الأشكناز هكذا. وبحكم القانون، يتعين على الطبيب أن يسأل المرأة، فيما إذا كانت يهودية أشكنازية. وهو الأمر الذي أثار سخرية إخصائيي الوراثة.

إن تكرار هذه المشاهد الأخيرة في الولايات المتحدة أمر بعيد

الاحتمال. فقد نوهت المحكمة العليا في حالة «شاكرابارتي» بأن نمط التساؤلات الذي أثارته مجموعة «ريفكين»، يجب أن يوظف من أجل الكونغرس، إلا أن معظم المساعي التشريعية قد أخفقت حتى الآن ويبدو أن أي تغيير جوهري قد يطرأ، سيتم على الأرجح عبر إعادة مراجعة مضامين القرار المفتاحية، المرتبطة بقضية «شاكرابارتي» في المحكمة العليا. هذه المضامين تتمثل في تعريف الخط الفاصل الذي ينزاح باستمرار، والذي يفصل بين قوانين الطبيعة وعالم الابتكار.

وينتظر المحللون القضائيون بتلهف قراراً للمحكمة العليا، يُتوقع أن يتخذ هذا العام، قراراً يساعد على توضيح مدى إمكانية تراجع الحدود التي تحيط بما يعتقد أنه عصي على البراءة فقد وافقت المحكمة العليا، على النظر في الدعوى التي أقامتتها الشركة «لابوراتوري كوربوريشن أوف أميركا هولدينجز» ضد الشركة «ميتابولايت لابوراتوريز إنكوربوريشن» التي ستحدد فيما إذا كان الترابط الصرف بين معدل عالٍ من الحمض الأميني «هوموسستين» مع عوز نوعين من الفيتامين B يمكن أن يُخضع لبراءة إذا كان لجهة معينة أن تطالب بحق احتكار علاقة علمية أساسية مستخدمة في معالجة طبية، بحيث إن أي طبيب سيضطر لانتهاك البراءة، بمجرد استخدام العلاقة بعد اطلاعه على نتائج اختبار ما، وذلك على حد قول الشركة المدّعية. وطلب البراءة يغطي العلاقة فقط، وذلك بمعزل عن التجهيزات الكهربائية والميكانيكية التي تستعمل لإجراء الاختبار. ولهذه القضية أهمية كبيرة، ليس فقط في الصناعة الثّقانيّة الحيوية، التي تنامت لديها قيمة المعلومات الفجة، بل أيضاً في صناعة تقانة المعلومات نفسها. حيث إمكانية تسجيل البرمجيات وطرائق العمل في براءة هي أيضاً موضع نزاع. وكما يقول <A> K «راي» [وهو استاذ القانون في جامعة ديوك] «سيكون لذلك تأثير واضح، ليس فقط في تسجيل الدنيا في براءات، وإنما أيضاً في مجالات ناشئة جديدة مثل التقانة النانوية والبيولوجيا التركيبية».

إن حيثيات القضية ستبرهن على ضرورة أن تسود تعاليم «جيفرسون» التي تشجع على الإبداع ولكن صدى القضية يتناغم وقضية «شاكرابارتي» والقضية القانونية التي سبقتها ومع تقدم التقانة يتعين على المحاكم أن تتعاطى مراراً وتكراراً مع السؤال: «هل أن كل شيء على الأرض من صنع الإنسان يمكن تسجيله في براءة اختراع؟»، فهل ستكون «السّمكرة» بجينة واحدة في فار، أو حتى مجرد الكشف عن علاقة معكوسة بين جزيئين، كافية على الدوام لمنع «مخترع» احتكاراً محدوداً لعقدين من الزمن؟ ■

مراجع للاستزادة

Who Owns Life? Edited by David Magnus, Arthur Caplan and Glenn McGee, Prometheus Books, 2002.

Intellectual Property Landscape of the Human Genome. Kyle Jensen and Fiona Murray in Science, Vol. 310, pages 239-240; October 14, 2005.

Reaping the Benefits of Genomic and Proteomic Research: Intellectual Property Rights, Innovation, and Public Health. Committee on Intellectual Property Rights in Genomic and Protein Research and Innovation. National Research Council, National Academies Press, 2005.

Scientific American, February 2006



تفحصت الأداة ألوي عن مواطن خلل مهمة

كشفت الأداة ألوي عن مواطن خلل مهمة في تصاميم برمجيات منشورة.

برمجية بما يتجاوز الكود ذاته. وفي مرحلة ما، قد يأتي وقت يصبح فيه البرمجيات جوهرية لتحسين عمل البنية التحتية من يوم لآخر إلى حد لا يمكن معه قبول البرمجيات الرديئة، حتى إن الحكومات قد تضع، نتيجة لذلك، تشريعات فحص وترخيص تفرض استخدام تقنيات عالية الجودة في بناء البرمجيات. وقد يأتي يوم تصبح فيه المنظومات البرمجية منبئة حقاً ويتيسر التنبؤ بها كما يسهل استخدامها - انطلاقاً من التصميم

The Road to Reliability (١٠)

وهي على الأرجح، مسألة وقت فحسب قبل أن يتم تبني أدوات مثل الأداة ألوي على نطاق أوسع في صناعة البرمجيات وإن التحسينات في الحالات الأساسية سوف تجعل أدوات التحليل أسرع وأكثر قدرة على معالجة النظم الكبيرة جداً. وفي غضون ذلك، سوف يقوم جيل جديد من مصممي البرمجيات، الملمين بهذه الطرائق، بإدخالها في عملهم إن رواج النمذجة في تزايد، وبخاصة بين المديرين المتعطشين لرؤية بعض الوصف لتصميم منظومة

صميم الكثير من المنظومات غير الموثوق بها، أو المعقدة تعقيداً يفوق الضرورة. والمنظومات التي تعتمد على برمجيات بُنيت على تجريدات بسيطة ومنبئة سوف تكون سهلة الاستخدام أيضاً. انظر مثلاً كيف يسهل إصدار التذاكر إلكترونياً e-ticketing السفر الجوي. وكيف أن التأكيد العالمي للمنتجات جعل التسوق أسهل، وكيف أن المؤتمرات الهاتفية التي تستخدم الرقم 800، جعلت عقد المؤتمرات من بعد ممكناً. إن كلاً من هذه الابتكارات مستند من تغيير في التجريدات الأساسية المتضمنة في برمجياتها

السييل إلى الاعتمادية

ثمة أدوات مشابهة للأداة ألوي تُستخدم حالياً، في المقام الأول، في البحث وفي التطبيقات الصناعية المتقدمة. فقد استخدمت هذه التقنية لاستقصاء، بنى جديدة لمنظومات المقاسم الهاتفية، ولتصميم معالجات طيران آمنة ضد العائشين، ولتوصيف سياسات التحكم في النفاذ إلى شبكات الاتصال. وقد استخدمناها لفحص أدوات برمجية منبئة واسعة الاستخدام، من قبيل بروتوكولات لإيجاد طابعات ضمن الشبكة، وأدوات لزامنة الملفات بين التجهيزات المحوسبة وإضافة إلى ما سبق، فإن الأداة ألوي كشفت عن خلل خطير في تصاميم برمجيات منشورة - مثل بروتوكول حيوي للإدارة قصد به تطبيق قواعد خاصة للنفاذ اعتماداً على عضوية في مجموعة معينة، تبين بعدئذ أنه يسمح بالنفاذ لأعضاء سابقين كان من الواجب ألا يسمح لهم بالنفاذ. ومن الجدير بالذكر أن كثيرًا من المبرمجين الذين استخدموا الأداة ألوي قد ذهّلوا من عدد العيوب التي يكشفها في تصاميم حتى أبسط تطبيقاتهم

المؤلف

Daniel Jackson

يرأس مجموعة تصميم البرمجيات في مختبر علم الحاسوب والذكاء، الصناعي artificial intelligence في معهد ماساتشوستس للتقانة (MIT) أما اهتمامه الرئيسي فهو هندسة البرمجيات، وبوجه خاص، تصميم وتصنيف وتحليل البرمجيات الخاصة بالنظم الحرجة، أي التي يُعتبر حسن أدائها ذا أهمية بالغة. حصل «جackson» على الماجستير في القيزياء من جامعة أكسفورد، وعلى الماجستير والدكتوراه في علم الحاسوب من معهد ماساتشوستس. وكان قد درّس في جامعة كارنيكي ميلون قبل التحاقه برظيفته في هذا المعهد

مراجع للاستزادة

- Exploring the Design of an Intentional Naming Scheme with an Automatic Constraint Analyzer.** Sarfraz Khurshid and Daniel Jackson in *Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Automated Software Engineering, Grenoble, France, IEEE, September 2000.* [Describes application of Alloy to the design of a system for finding resources on a network.]
- Automating First-Order Relational Logic.** Daniel Jackson in *Proceedings of the 8th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering, Twenty-First Century Applications.* ACM Press, 2000. [Explains Alloy's analysis.]
- A Micromodularity Mechanism.** Daniel Jackson, Ilya Shlyakhter and Manu Sridharan in *Proceedings of the Joint 8th European Software Engineering Conference (ESEC) and 9th ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering.* ACM Press, 2001. [Explains key concept in the latest version of Alloy language.]
- Alloy: A Lightweight Object Modeling Notation.** Daniel Jackson in *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, Vol. 11, Issue 2, pages 256-290, April 2002. [Original description of Alloy.]
- Software Abstractions: Logic, Language, and Analysis.** Daniel Jackson, MIT Press, 2006.
- Daniel Jackson's Web site: <http://people.csail.mit.edu/dnj/>
- Alloy Web site: <http://alloy.mit.edu>

Scientific American, June 2006

لماذا تبدو بعض الحيوانات ذكية جداً؟

يُوحى السلوك الاستثنائي للسلعاوات (قرود الأورانج أوتان) بإجابة مذهشة عن هذا السؤال.

«فار شيف»



أم وصغيرها من السلعاوات في سومطرة.

أفضل بكثير من غيرها، ونذكر في هذا الصدد الأفيال والدلافين (الدرا فيل) والبيغاوات والغريبان. لكن البحث في أقرب أقربائنا، وهم القرود الضخمة، يحتمل بالتأكيد أن يكون أكثر إيضاحاً

نقد اقترح العلماء العديد من التفسيرات بخصوص الذكاء في الرئيسات (primates)، وهي السلالة التي ينتمي إليها البشر والقرود العليا (إضافة إلى النسانيس والليمورات والبليديات Lorises) وقد توصلت دراسة

WHY ARE SOME ANIMALS SO SMART? (١)

ما الذي رُحِّح تطور مثل هذه القدرة العقلية المتميزة لدى البشر، أو على وجه الدقة لدى أسلافنا أشباه البشر hominid؟ إن إحدى مقاربات الإجابة عن هذا السؤال تتمثل في دراسة العوامل التي ربما شكلت المخلوقات الأخرى التي ندي ذكاءً عالياً. كما تتمثل في معرفة ما إذا كانت نفس هذه القوى قد مارست فعلها في أسلافنا فعلى سبيل المثال، تحلُّ بصعوبة من الطيور والثدييات (غير البشر) مشكلاتها بصورة

مع أننا نحن البشر نؤلف الكتب المدرسية وقد يشتبّه بحق بتحيزنا، فقلة منا تشك في أننا أذكى المخلوقات على هذا الكوكب. صحيح إن العديد من الحيوانات تمتلك مؤهلات معرفية خاصة تسمح لها بالتفوق في بيئاتها الخاصة. لكن هذه الحيوانات في الغالب لا تستطيع حل المشكلات المستحدثة ولنن كان بعضها يفعل ذلك، ونحن ندعوها حيوانات ذكية، فما من أحد منها سريع البديهة كما هي حالنا

بقدم مستنقع كلويت، مونلا مزدهرا
للسعلاوات (قروود الأورانج أوتان).
وقد اكتشف المؤلف وزملاؤه أنه
في مثل هذه التوليفة الخصبة
تعيش القروود المعروفة عموما
بحياتها الفردية حياة
اجتماعية تدعو إلى الدهشة.



ثقافة في المستنقع^(١)

لقد اجتذبنا المستنقع سدينا لأنه يؤدي
أعدادا كبيرة من السعلاوات بشكل غير
متكافئ. خلافا لما عليه الحال في غابات
الأراضي الجافة الخاصة بالجزر والتي
تمثل مونلا مستنقعا يوافر طعاما للقروود
على مدار العام، وبذلك يغيّل جماعات
واسعة منها لقد عملنا في منطقة قريبة من
منطقة سواق باليمبوك Suuq Balimbing
في مستنقع كلويت Kluit (انظر الخريطة
في الأعلى)، والتي ربما كانت فردوسا
للسعلاوة ولكنها بوحلها اللزج وبوفرة
الحشرات اللادغة وإرهاق حرارتها
ورطوبتها كانت جحيما للباحثين

لقد ادهشنا واحد من أول اكتشافاتنا في
هذا المشهد البعيد الاحتمال: ذلك أن
سعلاوات منطقة سواق هذه ابتكرت
واستعملت تشكيلة متنوعة من الأدوات. ومع
أن القروود الحمراء، الأسيرة شغوفة
باستعمال الأدوات فإن أهم ملمح لوحظ في
استخدام الأداة لدى السعلاوات البرية كان
انعدام ذلك الاستخدام لقد عرفت سعلاوات
منطقة سواق عن أدواتها لعرضين رئيسيين.
الأول كونها تصطاد النمل والأرضة termites
(وبخاصة عسل النحل غير اللاسع) أكثر من

تمرير مزيد من الجينات
إلى الأجيال التالية.

أما تفسيري الخاص،
الذي لا يتناقض مع
هذه القوى الأخرى.
فإنه يشدد على التعلم
الاجتماعي. فلدى

البشر، يتطور الذكاء مع
مرور الزمن فيتعلم الطفل أولا

تحت إشراف البالغين الصبورين، وإذا
لم يتلق موارد اجتماعية قوية (ذات طبيعة
ثقافية) فإنه حتى لو كان ذا استعداد عبقري
سينتهي إلى شخص فج أخرج حينما يبلغ
سن البلوغ. ولدينا الآن أدلة على أن عملية
التعلم الاجتماعي هذه تنطبق أيضا على
القروود المتقدمة، وسوف أقتد بشكل عام أن
الحيوانات الذكية هي ذاتها ذات الثقافة.
فهي تتعلم أحدها من الآخر حلولاً مبتكرة
للمشكلات البنية والاجتماعية. وباختصار
فإنني أقترح أن الثقافة تعزز الذكاء

لقد توصلت إلى هذا الافتراض
بطريقة غير مباشرة، وذلك عن طريق
المستنقعات على الشاطئ الغربي لجزيرة
سومطرة الإندونيسية حيث كنت مع
زملائي ندرس السعلاوات (قروود الأورانج
أوتان). فالسعلاوة هي القرد الآسيوي
الضخم الوحيد المحتجز في جزيرتي
بورنيو وسومطرة والمعروف بشيء من
العزلة. وبمقارنة السعلاوة بقربيتها الأكثر
شهرة «الشمبانزي الأفريقي» يتصف هذا
القرد الأحمر (أي السعلاوة) بالهدوء بدلا
من الفعالية المفرطة وبالتحفظ الاجتماعي
بدلا من الانفتاح المرح وما اكتشفنا في
السعلاوات حتى الآن إنما هو شروط
تسمح بازدهار الثقافة

أعدتها مجموعتي البحثية على قروود السعلاوة
منذ ما يزيد على ثلاثة عشر عاما وبصورة
غير متوقعة إلى تفسير نظنه يقطع شوطا
بعيدا في الإجابة عن السؤال

نظريات غير مكتملة^(٢)

تمنح إحدى المحاولات ذات التأثير
النافذ في شرح ذكاء الرئيسات ثققتها بدور
في الحياة الاجتماعية يتعلق بتطور
المؤهلات المعرفية القوية. وتوحي نظرية
الذكاء الميكيا فيلية هذه بأن النجاح في
الحياة الاجتماعية يعتمد على إنماء أكثر
العلاقات نفعاً، وعلى القراءة السريعة
للوضع الاجتماعي. ونذكر مثالا على ذلك،
خيارنا إذا ما كنا سنهب لتجدة حيوان
اليف يهاجمه حيوان آخر وفي هذا الصدد
فإن متطلبات الجماعة تعزز الذكاء لأن أكثر
الكائنات ذكاء هي التي تكون أكثرها
نجاحا في اعتماد الخيارات التي تقي
الذات، ومن ثم تبقى على قيد الحياة لتمرر
جيناتها إلى الجيل التالي ولكن قد لا تكون
الصفات الميكيا فيلية متساوية النفع لدى
الأنسال الأخرى أو لدى الرئيسات. ومن ثم
فإن هذه الفكرة وحدها لن تكون مقنعة.

يستطيع الفرد أن يتخيل بسهولة
العديد من القوى الأخرى التي تعزز تطور
الذكاء، مثل حاجة الشخص إلى أن يكسب
في العمل من أجل طعامه، وفي هذا
الموقف فإن القدرة على أن يتصور الفرد
كيف يستخرج بمهارة الطعام الخفي أو
أن يتذكر المواضع المتبدلة باستمرار
للحاجات الغذائية الملحة يعد أمرا مفيدا
وبذلك فإن مثل هذا الذكاء سيتحقق عبر

نظرة إجمالية/ الوشيحة السعلاواتية^(٣)

- لقد اكتشف المؤلف استخداما موسعا للأداة في مستنقعات سومطرة مع الإشارة إلى أنه ما
من أحد شاهد السعلاوات تستخدم أدوات في البرية من قبل.
- هذا الاكتشاف غير المتوقع يوحى للمؤلف حلا للفر استمر مدة طويلة حول سبب كون بعض
الحيوانات بهذه النباهة.
- إنه يقترح أن الثقافة هي المفتاح: ذلك أن المختصين بعلم الرئيسات يعرفون الثقافة بأنها
القدرة على التعلم عبر مشاهدة مهارات ابتكرها آخرون. وتستطيع الثقافة أن تطلق العنان
لإنجازات تتزايد باستمرار وتدفع النوع الحيواني إلى مزيد متعاظم من الذكاء.

ينقضي السُّعلاوات معظم حياتها بدون صنع أدوات أو استخدامها. أما السُّعلاوات الحمر في منطقة سواق فإنها تعتبر استثناء، إذ إنها تبتكر تشكيلة متنوعة من الأدوات وإحدى أكثر هذه الأدوات شيوعاً هي العصا (في الأعلى يميناً) تجهزها لجمع النمل والأرضية وبخاصة العسل. فبدون الأداة (القصى اليسار) لالحال ما نحقق في استعادة العسل من ثقب في شجرة عن طريق العض مثلاً. أما سُّعلاوات منطقة سواق فإنها على النقيض من ذلك، إذ تُدخل الأداة في الثقب ممسكة بها في الفم (اليسار) في اليمين) وتحركها برفق للخلف والأمام ثم تسحبها للخارج كي تلحس العسل (القصى اليمين).



لماذا يمثل استخدام الأداة ثقافة؟

ماذا يوضح هذا التركيز المذهل على استخدام الأداة في منطقة سواق في الوقت الذي لا تبدي فيه السُّعلاوات البرية في أي مكان آخر مثل هذا الميل إلى القليل؟ نحن نشبه في أن هذه الحيوانات في منطقة سواق هي أكثر ذكاءً بشكل فطري. فملاحظة كون معظم الأفراد في الأسر من هذا النوع الحيواني يمكنها أن تتعلم استخدام الأدوات إنما توحي بوجود مقدرة مخفية أساسية للقيام بهذا العمل.

ولذلك فكرنا أن بيئة هذه الحيوانات ربما تمتلك الجواب. فمعظم السُّعلاوات التي درست من قبل هي حيوانات تعيش في غابة جافة في حين يوافر المستنقع موطناً نظراً فريداً إذ يصنع كثير من الحشرات أعشاشه هناك في ثقب الشجر أكثر مما هي الحال في الغابات على أرض جافة ولا ينمو شجر النيسيا إلا في الأمكنة الرطبة بالقرب من المياه الجارية عادةً ولكن مع هذا الاستهواء الذي تدل عليه تلك الصفات البيئية فإننا لا نعرف لماذا تتجاهل السُّعلاوات في مجموعات عديدة خارج منطقة سواق نفس مصادر الغذاء الغنية هذه جملة وتفصيلاً.

Why the Tool Use is Cultural (x)

شديد الصلابة، ولكن حينما تنضج البذور يبدأ الغلاف بالتشقق منفتحاً، وتتسع الشقوق بالتدريج كاشفة عن صفوف ملساء مرتبة من بذور نمت لها قصرات arils حمراء دقيقة تحتوي على 80% دهونا، ولصداً ملتصقات البذور بعيداً تملأ كتلة من الأبر الحادة كالموسى تلك القشرة وهنا تنزع السُّعلاوات اللحاء في قطاع منطقة سواق عن الفروع المستقيمة التي تمسكها في أفواهها وتدخلها في شقوق علاف البذور، وتحريك هذه الأداة إلى الأعلى والأسفل داخل الشق يفصل الحيوان البذور عن سيقانها، وبعد هذه المناورة يستطيع أن يسقط البذور مباشرة إلى فمه وفي أواخر الموسم لا تتغذى السُّعلاوات إلا بإغلفة البذور الحمراء مستخدمة التقنية نفسها في الوصول إليها بدون أيذاء.

إننا نجد كلتا الطريقتين في تكييف العصا للاغتذاء معتمتين في منطقة سواق إنما قيام السُّعلاوة باصطياد النمل في ثقب الشجرة فلا يحدث إلا بين الفينة والفينة ويستمر لدقائق قليلة، ولكن عندما يتم نضج ثمار شجرة النيسيا فإن هذه الفروع تتركس معظم ساعات سيرها في البحث عن البذور أو الإغلفة الخارجية ونراها تنمو أكثر بدانة وصقلاً يوماً بعد يوم.

تطيراتها السُّعلاوات الأخرى في أي مكان آخر. فهي غالباً ما تلقي نظرات ثاقبة على جذوع الشجر باحثة عن حركة مرور الهواء عبر ثقب دقيقة عليها، وبمجرد أن تكتشف الثقب تركّز بصرها عليها، وبعد ذلك تستكشفها يدياً بإصبع وإكزة ولاقطة ولا تكون الإصبع في أبعادها ذات طول مناسب فتجهّز السُّعلاوة أداة عسوية الشكل، وبعد إدخال العصا بعناية بحركتها هذا القرد برفق نحو الأمام والخلف ثم يسحبها أخيراً ويلحسها ثم يعيد غرزها مرة أخرى وتتم معظم هذه المداولة والقرد مطبق بأسنانه على الأداة، ويضاف إلى ذلك أن القرد لا يستخدم إلا أكبر الأدوات في هدم كتل أعشاش الأرضة.

أما السياق الثاني الذي تستخدم فيه قرد منطقة سواق الأدوات فإنه يضم ثمار شجرة النيسيا *Neesia*، وتعطي هذه الشجرة قروناً خشبية خماسية الزوايا تصل إلى عشر بوصات طولاً وأربع بوصات عرضاً، وتمتلئ هذه القرون ببذور بنية اللون بحجم فول ليمّا (نوع من الفول المتسلق)، وهي بسبب احتوائها على 50% دهونا تُعد ذات قيمة غذائية عالية وهي نادرة وتشكّل حاجة مطلوبة في بيئة طبيعية ليس فيها مأكولات جاهزة وتحمي هذه الشجرة بذورها بغلاف



كما لا نعرف لماذا تقوم بعض المجموعات من أكلة البذور بجني تلك البذور بدون أن تستخدم أدوات (مما ينتج منه بالطبع أنها تاكل أقل بكثير مما تاكله السعلاة في منطقة سواق) وينطبق الشيء نفسه على أدوات نقوب الشجر، وأحيانا عندما تبدي التلال المجاورة - والتي يوجد بها غابات أرض جافة - غلة كثيفة من الثمار تذهب سعلاوات منطقة سواق إلى هناك للاستمتاع. وبينما هي تجمع الثمار تستخدم الأدوات لاستخراج محتويات نقوب الشجر ونشير إلى أن موئل التلة ميسور في جميع أرجاء المدى الجغرافي للسعلاة وإذا كانت الأدوات تستخدم على سفوح التل فوق منطقة سواق، فلماذا لا تستخدم في كل مكان؟

نمة اقتراح آخر درسه وهو ينسجم مع المثل القديم بأن الحاجة أم الاختراع ومفاده أن حيوانات منطقة سواق التي تعيش في مثل هذه الكثافة العددية تواجه منافسة كبيرة في تأمين الغذاء، الأمر الذي يبقى العديد من الفرود بدون طعام ما لم تستطع الوصول إلى مصادر إمدادات شاقة تحتاج إلى أدوات للأكل. وتتمثل أقوى حجة ضد هذه الإمكانية في كون الأطعمة الحلوة أو الدسمة التي تيسرها هذه الأدوات تحتل موقعا عاليا جداً في قائمة أفضليات السعلاة، ولذلك لا بد

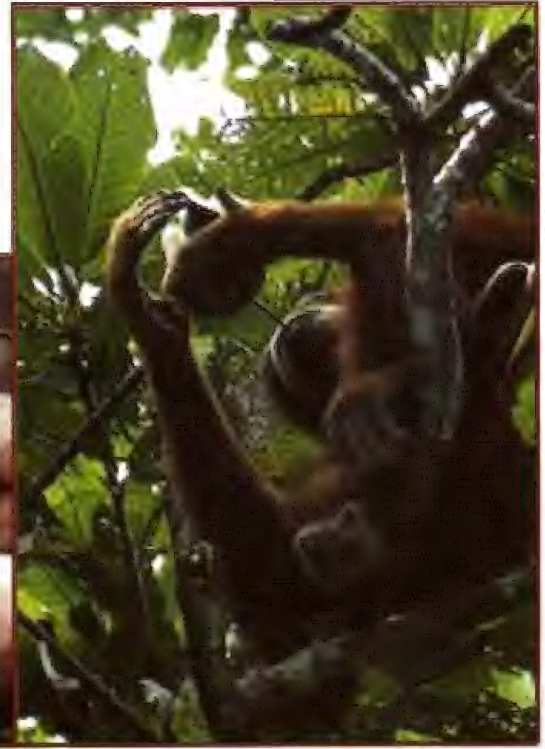
للسعلاوات من أن تبحث عنها في أي مكان فمثلا ترغب هذه الفرود الحمراء في جميع الأمكنة لو يلسعها نحل العسل عدة مرات كي تصل إلى عسله، ومن ثم فإن فكرة الحاجة التي وردت في هذا المثل لا تصدق هنا وهناك إمكانية مختلفة تتمثل في أن هذه السلوكيات هي تقنيات مستحدثة ابتكرتها مجموعة من السعلاوات المهرة، ومن ثم انتشرت واستمرت في جمهور الفرود لأن الأفراد الأخرى تعلمت هذه التقنية عبر مشاهدة تلك الأفراد الخبيرة. وفي كلمات أخرى: يُعد استخدام الأدوات أصرا ثقافيا ونشير إلى عقبة رئيسية في دراسة الثقافة culture في الطبيعة تكمن في أننا، باستثناء المقدمات التجريبية، لا نستطيع مطلقا أن نقيم الدليل بشكل مقنع على أن الحيوان الذي ندرسه قد ابتكر حيلة ما جديدة، وليس مجرد تطبيقه لعادة يتذكرها جيدا ولكنها نادرة الحدوث كما لا يمكننا أن نبرهن على أن فردا واحدا قد تعلم مهارة جديدة من فرد في مجموعة أخرى ولم يستنطقها بنفسه. ومع أننا نستطيع أن نبين أن السعلاوات في المختبر قادرة على الملاحظة والتعلم اجتماعيا، فإن هذه الدراسات لا تقيّدنا شيئا حول الثقافة في الطبيعة، لا بخصوص توصيفها بشكل عام ولا بخصوص مقدار ما هو قائم من هذه الثقافة ولذلك يجب على العاملين في الميدان أن يطوروا منظومة معايير لايضاح ما إذا كان في سلوك معين ما قدر من أساس ثقافي. ففي المقام الأول يجب أن يتنوع السلوك جغرافيا بحيث يوضح أنه تم ابتكاره في مكان ما، كما يجب أن يكون شائعا في المكان الذي تم العثور عليه بحيث يبين أنه سرى واستمر في الجماعة وقد نجحت استخدامات الأداة في منطقة سواق بسهولة في هذين الرانزين الأوليين أما الخطوة التالية فتتمثل في استبعاد التفسيرات البسيطة التي تخص تماثل الطراز المكاني بدون إشراك التعلم الاجتماعي وقد أسقطنا التفسير البيئي الذي تتقارب converge فيه أفراد معرضة لموئل معين باكتساب المهارة نفسها كل على حدة ونستطيع كذلك استبعاد الوراثة genetics لكون معظم السعلاوات المنسورة تستطيع تعلم استخدام الأدوات

أما الرانز الثالث وهو الرانز الأقوى، فإنه يتمثل في أننا يجب أن نكون قادرين على العثور على توزيعات جغرافية للسلوك يمكن تفسيرها عبر الثقافة ولا يستطيع تفسيرها بسهولة عبر أي طريقة أخرى وقد يتمثل أحد الأمثلة الرئيسية في وجود سلوك ما في مكان بعينه مع غياب ذلك السلوك خارج حاجز طبيعي يمنع انتشاره. وفي حالة السعلاوات المستخدمة للأدوات في منطقة سواق فإن التوزيع الجغرافي لشجر النيسيا قدّم لنا دالات cleus حاسمة: إذ توجد أشجار النيسيا (ومعها السعلاوات) على جانبي نهر الأس العريض Atlas River، أما في مستنقع سنجل Singkil الواقع جنوب منطقة سواق مباشرة وعلى الجانب نفسه من نهر الأس (انظر الخريطة في الصفحة 75) فقد وجدنا أدوات تتبعثر على الأرض في حين غابت هذه الأدوات بوضوح في مستنقع باتوباتو على الطرف الآخر من النهر. وذلك رغم زيارتنا المتعددة في سنين مختلفة لقد وجدنا في باتوباتو العديد من الثمار اللينة مبعثرة هنا وهناك: مما يوضح أن فرود السعلاة قد أكلت بذور أشجار النيسيا بالطريقة نفسها التي يأكل بها زملاؤها في مكان يطلق عليه اسم كانونك بالونك في بورنيو البعيدة، ولكنها طريقة مختلفة تماما عن طريقة أبناء عمومته على الطرف الآخر من النهر في سنجل.

تمثل باتوباتو منطقة مستنقع صغير لا يحتوي على عدد كبير من غابات المستنقعات ذات النخبة. ومن ثم لا يوجد فيها سوى عدد محدود من السعلاوات ونحن لا نعرف ما إذا كان استخدام الأدوات قد تم ابتكاره هناك أو ما إذا كان الاحتفاظ بهذا الاستخدام ممكنا لدى هذه الجماعة الصغيرة العدد، ولكننا متأكدون من أنه ما من سعلاوات هاجرت عبر النهر جالبة معها ذلك الاستخدام إلى هناك مطلقا. وذلك لأن نهر الأس عريض في هذه المنطقة لدرجة يستحيل معها عبور سعلاة ما. أما حيث يستطيع العبور عند أعالي النهر فإن انتشار النيسيا تنمو بشكل متفرق بيد أن السعلاوات في تلك المنطقة تتجاهل تلك الأشجار تماما لكونها على ما يبدو لا تعي

stringents (١١)

أوحث ثمرة شجرة النيسيا (في الأسفل يساراً) بأداة مهمة أخرى في مسرح السعلاوات بمنطقة سواق. فهذه البذور ذات القيمة الغذائية العالية محاطة بإبر حادة كالموسى تجعلها خارج متناول اللدبيات الملتهمعة للبذور. وكى تجتنب سعلاوات منطقة سواق الإبر المؤلمة فإنها تقلع غصينات مستقيمة قصيرة وتقتشر لحاها ثم تمسكها بالفم وتدخلها في شقوق موجودة على الثمرة الناضجة (في اليمين). ويتحرك هذه الأداة إلى الأعلى والأسفل داخل الشق فنزع السعلاة البذور دون أن تصاب بأذى. وتوضح الصورة في الوسط ثمرة صغيرة ما تزال الأداة بارزة منها.



بعضها بعضاً، وعلى خلاف جماعات السعلاوات الأخرى التي تمت دراستها حتى الآن، فإنها تأكل بانتظام نفس المفرد الغذائي، الذي عادة ما يتمثل في الغصينات الناجمة عن نحر نمال الأرضة للأشجار. كما أنها تتشارك طعام لحم اللوريس المتناقل على سبيل المثال لقد سمع هذا التقارب والتسامح غير المعهود للكبائر التي هي أقل مهارة بأن القرب الكافي لمشاهدة طرائق الاستطعام يحقق لها ما تحقق للصغار بنفس الحماس.

إن اكتساب الابتكارات الملحة ذات الصفة المعرفية (مثل استخدامات الأداة الموجودة فقط في منطقة سواق) ربما يتطلب زمن مواجهة مع أفراد ذات براعة مثلما يتطلب كذلك دورات من المشاهدة والتدريب. أما التضمين implication المدهش لهذا المطلب فإنه يتمثل في أن الولدان، على الرغم من كونها تتعلم فعلياً جميع مهاراتها من أمهاتها، لا يجعل الجماعة تستطيع نشر مبتكرات معينة إلا إذا توافرت في المحيط نماذج تأهيل وظيفية أخرى غير الأمهات فلو أن الأم كانت غير ماهرة فإن الولدان سوف تتخالط أفراداً غير ذات خبرة، وسيبقى الصغير غير قادر على تعلم التقنيات

Tolerant Proximity ١٠٠

تكون أفرادها ذات فرص أكبر لمشاهدة الأفراد الأخرى أثناء الأداء قد تسدي تنوعاً في المهارات المكتسبة يفوق ما تبديه جماعات تمال القليل من فرص التعلم فقد استطعنا في الواقع إثبات أن الأمكنة التي يقضي أفرادها وقتاً أطول مع أفراد أخرى إنما تمتلك أرصدة مبتكرات مكتسبة أكثر. وهذه باناسية علاقة تصدق أيضاً على الشمبانزي (انظر الشكل في الصفحة 76) ونشير هنا إلى أن هذه الصلة كانت الأقوى فيما يخص السلوك المرتبط بالطعام، وهو معقول لأن اكتساب مهارات تغذية من أي فرد آخر أمر يحتاج إلى مشاهدة أكثر إمعاناً من مجرد تلقف إشارة اتصال بآنية. وبكلمات أخرى نقول إن الحيوانات التي تتخالط أفراداً أقل تعليمياً تمتلك رصيذاً صغيراً من التشكيلات الثقافية المتنوعة، تماماً مثل حال نموذج الشخص الرفي الغر.

حينما تفحصنا عن قرب ما بين المواقع من تباينات لاحظنا شيئاً آخر. ذلك أن صغار السعلاة أيضاً كانت تمضي ما يزيد على 20 000 ساعة نهائية على اتصال وثيق بأمهاتها في صحبة مثلهمة ونشير إلى أننا رأينا كذلك في منطقة سواق وحدها أفراداً كبيرة تمضي قدراً مطولاً من الوقت يستطعم

خيرات هذه الأشجار الغنية وبهذا فإن التناوب الثقافي يقصر إلى حد كبير في تفسير التجاور غير المتوقع لمستخدمي الأدوات توي المعرفة إلى جانب الباحثين عن الطعام على الطريقة البهيمية. وكذلك يقصر في تفسير وجود الجهلاء على مبعدة منهم في أعالي النهر

التقارب المتسامح

لماذا نرى هذه الأشكال البارعة لاستخدام الأداة في منطقة سواق ولا نراه في مكان آخر؟ وكما نتفحص هذا السؤال، قمنا أولاً بمقارنة مفصلة بين جميع الأمكنة التي تعيش فيها السعلاوات التي تمت دراستها ووجدنا أنه حتى بعد أن استثنينا استخدام الأداة، بقيت منطقة سواق تحظى بأكثر عدد من ابتكارات انتشرت عبر جماعة السعلاوات وربما لا يكون هذا الاكتشاف أمراً مفضلاً artifact وقع به اهتمامنا الخاص في السلوكيات غير المعنادة. وذلك لأنه يتفق مع نتائج جهات أخرى خاضت مزيداً من العمل على يد باحثين متحمسين لاكتشاف ابتكارات سلوكية اجتماعية مكتسبة لقد توصل حديثاً إلى أن الجماعات التي



انهيار صعبة الإجتياز ربما اعاققت انتشار استخدام الأداة. فعلى سبيل المثال. توجد السعلاوات على جاسي نهر الأس المتسع (انظر الصورة). ولكن في مستنقع سنجل (على الخريطة) تكثر الأدوات على أرض الغابة. في حين تستخدم السعلاوات المقيمة في مستنقع باتو - باتو على الطرف الآخر من النهر تقنية بسيطة لفتح بذور أشجار النيسيا لا تتضمن أدوات. إذ لا تستطيع أي سعلاوات مهاجرة إحضار استخدام الأداة معها إلى باتو - باتو لأن نهر الأس هناك أعرض من أن يسمح بعبور سعلاوة خلاله.

البارعة التي من الواضح أنها لا تتأني عفوياً ومن ثم فإنه كلما زاد ارتباط الشبكة الاجتماعية. رجع احتمال احتفاظ المجموعة بأي مهارة يتم ابتكارها وبذلك تحظى الجماعات المتسامحة في النهاية بعدد أكبر من مثل هذه السلوكيات

يبين لنا عملنا في البرية أن معظم التعلم في الطبيعة - باستثناء الإشراف conditioning البسيط - قد يكون له مكون اجتماعي. على الأقل في الرئيسات وبالمقابل فإن معظم التجارب المختبرية التي تبحث في كيفية تعلم الحيوان تهدف إلى اكتشاف مقدرة الفرد على التعلم الفردي. وفي الحقيقة إذا جرى عرض ألغوزة puzzle عالم نفس مختبرية في شروط طبيعية. حيث تنافس أعداد كثيرة من المنبهات في جذب الانتباه إليها. فإن الفرد المفحوص قد لا يدرك أبداً أن هناك مشكلة تنتظر الحل أما في البرية فإن أفعال الأفراد ذات الدراية في مجتمعها تقيد في تركيز انتباه الحيوان العديم الدراية.

الجذور الثقافية للذكاء

توحي تحليلاتنا حول السعلاوات (الأورانج أوتان) أن الثقافة (بمعنى التعلم الاجتماعي لمهارات خاصة) لا تشجع الذكاء

نجري تجربة فكرية تخيل شخصاً يكبر بدون أي مدخولات اجتماعية مع كونه يتزوّد بجميع احتياجاته من مأوى وتغذية. إن هذا الوضع يكافئ الحالة التي لا يوجد فيها اتصال بين الأجيال أو الحالة التي تكفل فيها الصغار نفسها بعد مغادرتها العش تخيل الآن أن بعض الإناث من هذا النوع الحيواني ابتكرت مهارة مفيدة - على سبيل المثال كيف تفتح جوزة كي تستخلص منها لبها الغذائي سيكون أداؤها جيداً وربما أنجبت نسلاً أكثر من غيرها في جماعتها. وما لم تنقل هذه المهارة إلى الجيل التالي فإن تلك المهارة سوف تختفي عند موتها.

تخيل الآن حالة يرافق فيها النسل أمه فترة من الزمن قبل أن ينفصل معتمداً على نفسه ستتعلم غالبية الصغار التقنية الجديدة من أمهاتها وبذلك تنقلها مع ما يصابها من فوائد إلى الجيل اللاحق. ويمكن أن تحدث هذه العملية عموماً بتطور بطيء ومصاحبة طويلة بين واحد من الوالدين ونسله على الأقل ولكن هذه العملية تحظى بتعزيز قوي إذا ما شكّل بضعة أفراد مجموعات ذات

تسامح اجتماعي من هذا القبيل

The Cultural Roots of Intelligence (١١)

فقط. بل تعرّن أيضاً تطوّر ذكاء يتزايد أكثر فأكثر لدى الجماعة مع مرور الوقت هذا وتتباين الأنواع الحيوانية المختلفة كثيراً في الآليات التي تمكنها من التعلم من غيرها. وتؤكد التجارب المنهجية قوة الانطباع الذي يحظى به الفرد من مشاهدة القردة الضخمة في البرية فهذه القردة قادرة على التعلم عبر مراقبة ما يفعله غيرها ومن ثم. حينما تكتسب السعلاوة غير الآليفة. أو قرد أفريقي ضخماً ما. سلوكاً معقداً من الناحية المعرفية فإنها تكتسب هذه القابلية عبر مزيج من التعلم بالمشاهدة والممارسة الفردية. لشكل أشبه ما يكون لطفل بشري يجمع مهاراته (أو مهاراتها). وعندما اكتسبت سعلاوة ما في منطقة سواق مزيداً من هذه الحيل يفوق ما اكتسبته أبناء عموماتها الأقل حظاً في مكان آخر. فهي قد حققت ذلك بسبب ما حظيت به من فرص أكثر للتعلم الاجتماعي خلال حياتها وباختصار يمكن أن يرقى التعلم الاجتماعي بالأداء الذهني للحيوان إلى مستوى أرفع

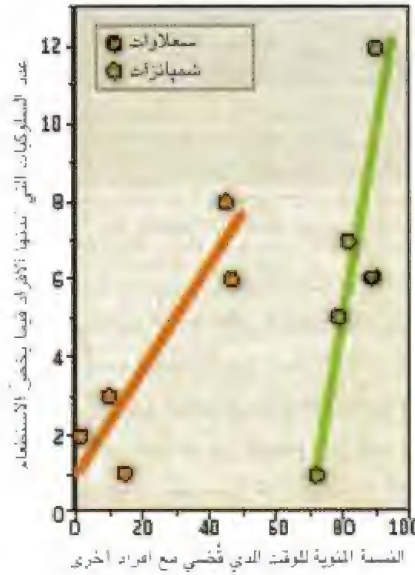
ولتقدير أهمية المدخولات inputs الاجتماعية في تطور الذكاء المتنامي. دعنا

تستطيع السير خطوة أبعد. فبالنسبة للحيوانات البليئة النمو التي تعيش في مجتمعات مسامحة اجتماعيا يميل الانتقاء (الانتخاب) الطبيعي إلى إثابة كل مقدرة طفيفة على التعلم عبر المشاهدة أكثر مما يثيب زيادة مماثلة في المقدرة على الابتكار، وذلك لأنه في مثل هذا المجتمع قد يستطيع أحد الأفراد الوقوف على منجزات الأجيال الحالية والسابقة. وعندها نتوقع اتساع عملية تلقيح تقدمية تستطيع الحيوانات فيها أن تصبح أكثر ابتكارا وأن تطور تقنيات أفضل للتعلم الاجتماعي. لأن كلتا المقدرتين تعتمد على اليات معرفية متشابهة، ومن ثم فإن كون النوع الحيواني مثقفا يسلمه بمقدرات ابتكارية تمكنه من التطور باتجاه ذكاء أعلى سوية، وهذا من ثم يقودنا إلى التفسير الجديد للتطور المعرفي

ويبرر هذا الفرض الجديد ظاهرة محيرة مقابلة. ففي مرات عديدة خلال القرن الماضي قام أناس بتربية أطفال قرود ضخمة على شاكلة تربيتهم أطفال البشر. وهنا اكتسب ما يدعى القرود المثقفة مجموعة مدهشة من المهارات تحاكي عفويا سلوكا معقدا (مثال فهم إشارات الدلالة، وحتى فهم بعض من لغة الإنسان وكذلك المزاج المرح وابتداع رسوم) وحديثا جدا، كشفت تجارب منهجية. مثل التجارب التي أجراها: E. سو سافاج-رومبوت [من جامعة ولاية جورجيا] والتي ضمت الشمبانزي المسمى «كانزي»، مقدرات لغوية مدهشة. وتكشف هذه الحالات المتكررة بشكل مستديم، على الرغم من تكرار رفضها بسبب افتقارها للسند العلمي، عن إمكانات معرفية مذهلة تقبع هاجعة عند القرود الضخمة. ولن كنا لا نستطيع تلمين تعقيد الحياة عاليا في الأدغال. فإني أؤمن أن هذه القرود المثقفة قد حظيت بمؤهلات مرموقة. وفي سيرورة كهذه تغلف قصة التطور البشري. يستطيع قرود ما يكبر مثلما يكبر الإنسان أن يبلغ قمما معرفية تفوق تلك التي يعيشها نظراؤه العاديون في البرية

يحل نفس خط التعكير الحيرة الطويلة الأمد حول سبب استخدام الرئيسات في الأسر captivity الأدوات بسهولة وحتى صنع

هذه الأدوات أحيانا، في حين أن نظراءها في البرية يبدون مفتقرين إلى مثل هذه الحوافز. أما الاقتراح الذي غالبا ما يقال من أنها ليست بحاجة إلى أدوات إنما تناقضه مشاهدات على السعلاوات والشمبانزات والقرود المقلتة تبين أن بعضا من استخدام الأداة هذا يتيح أغنى طعام في موائل الحيوانات الطبيعية أو يغني المخلوقات في الأزمان العجاف. وتحل هذه المسألة المحيرة إذا أدركنا أن فردين من نفس النوع الحيواني يمكن أن يختلفا بصورة مثيرة في أدائهما الفكري حسب البيئة الاجتماعية التي كبرا فيها.



إن الجماعات التي تحظى أفرادها بفرص أكثر لمشاهدة الأخرين أثناء الأداء تبدي تنوعا أكبر بالمهارات المتعلقة إذا ما قورنت بالجماعات التي تناح لها فرص أقل للتعلم، وتطبق هذه العلاقة على الشمبانزي والسعلاوة كليهما.

ونلخص السعلاوات هذه الظاهرة فالسعلاوات يُعرف عنها أنها فئانات هاربة من عالم الحيوان تحت أبواب أقفاصها بمهارة. ولكن المشاهدات المتاحة في البرية (على الرغم من مرور عقود من الرصد الكادح على أيدي مختصين ميدانيين) لم تكشف إلا عن القليل من التحاحات التقانية الثمينة خارج منطقة سواق. فالأفراد البرية المقبوض عليها ولا تعتبر في عداد الأفراد التي تعيش في الأسر. تحافظ دائما على خجلها الفطري وعلى شكها في البشر أما

القرود المولودة في حديقة الحيوان فإنها تعتبر القاتمين على حراسها ورعايتها من البشر (بكل طيب خاطر) نماذج نفسية يُتدنى بها فتيور اهتمامها بأنشطتهم وبما يجري من حولهم، وبذلك تتجمع لديها مهارات متعددة

إن النبوة الحديثة بنظرية الذكاء عبر الثقافة intelligence-through-culture تتمثل في أن الحيوانات الأكثر ذكاءا ترجح كذلك أنها تعيش في جماعات تتبنى فيها المجموعة كلها بشكل روتيني الابتكارات التي تقدمها أفراد من المجموعة ونشير إلى أن الحيوانات من سلالات lineages مختلفة تتباين كثيرا في حواسها وأساليب حياتها بحيث يصعب بشكل تقليدي إيجاد مقياس واحد للأداء الفكري. وكل ما نستطيعه في الوقت الحالي لا يتعدى السؤال إن كانت السلالة التي تبدي علامات ذكاء، محققة تمتلك ثقافات مبنية على الابتكار أم العكس بالعكس صحيح أن خاصية تعرف الفرد نفسه في المرآة، على سبيل المثال، امر غبر مفهوم تماما. لكنها علامة واضحة عن وعي الذات، الأمر الذي يعتبر دالة على ذكاء عال. ولغاية الآن على الرغم من الدراسات الواسعة على سلالات عديدة فإن مجموعات الثدييات الوحيدة التي نجحت في هذا الرائن test هي القرود الكبيرة والدلافين. وهي الحيوانات ذاتها التي تستطيع تعلم وفهم عدة رموز تحكيمية والتي تبدي أقوى الأدلة على المحاكاة التي تمثل أساس الثقافة المبنية على الابتكار إن الاستخدام المرن لأدوات تعتمد على الابتكار والذي يُعد تعبيراً آخر من الذكاء إنما يتمتع بتورع عريض عند الثدييات: فالنسانيس والقرود والحوتيات والفيلة جميعها سلالات يشيع فيها التعلم الاجتماعي. وعلى الرغم من الاقتصار على الرائنات الفجة، فإنها بمجملها تدعم فرضية الذكاء عبر الثقافة.

وهناك نبوة أخرى مهمة تتمثل في أن استعدادي الابتكار والتعلم الاجتماعي لا بد أن يكونا قد تطورا معا. وفي الواقع وجد «ريدر» [في جامعة اترخت بهولندا] و«كالاند» [في جامعة سانت أندروز بأسكتلندا] أن أنواع الرئيسات التي تبدي أدلة أكثر على الابتكار هي تلك التي تبدي

(١) انظر "The Emergence of Intelligence" by William H. Calvin, Scientific American, October 1994



تكون السُّعلاوات بالغرب من الساحل الغربي لسومطرة أكثر نجماً بعضها إلى بعض من نظراتها القردة الحمراء التي تعيش في أي مكان آخر. وفي الصورة بافغان يبحث أحدهما على صحبة في كل فرصة محتملة.

المسار التاريخي للتغير تفاصيل عديدة يجب تأطيرها معاً بشكل جاد انطلاقاً من سجلات أحفورية متناثرة ومشوشة، ويظن العديد من الباحثين أن ثمة تغيراً رئيسياً يتمثل في غزو السافانا من قبل الإنسان القديم early Homo المتسلح بالجرأة وبالفدرة على صنع الأداة فمن أجل استخراج درنات النباتات وسَلْخ اللحم واتقاء الأجساد الضخمة للثدييات، كان على هذا الإنسان أن يعمل بشكل جماعي وأن يبدع أدوات واستراتيجيات. وبناءً على ذلك عززت هذه المتطلبات خاصية الابتكار والالتكال المتبادل قُدماً مما أدى إلى تنامي الذكاء.

وما إن أصبحنا بشراً حتى بدأ التاريخ الثقافي يتأثر interact مع مقدرتنا الفطرية على تحسين الأداء. فمُنذ ما يقرب من 150 000 عام تلت نشوء نوعنا الخاص كبشر انتشرت تعبيرات الرمزية البشرية human symbolism مثل الفن والآلات الموسيقية وطقوس الدفن [انظر «بدايات الفكر الحديث»، **العلوم**، العدد 9 (2005)، ص 46]. ويدل انفجار الثقافة خلال العشرة آلاف سنة الماضية على أن المدخولات الثقافية تستطيع أن تطلق العنان لمنجزات غير محدودة انبعاثاً من أدمغة زمن العصر الحجري. فالثقافة تستطيع في الواقع أن تبني عقلاً جديداً من دماغ قديم ■

المؤلف

Carel Van Schaik

هو مدير المعهد والمتحف الأنثروبولوجي في جامعة زيوريخ بسويسرا وهو هولندي الأصل. حصل على الدكتوراه من جامعة أوترخت عام 1988، وبعد حصوله على منحة ما بعد الدكتوراه من جامعة برنستون ومنحة أخرى قصيرة من جامعة أوترخت ذهب إلى جامعة ديوك حيث عمل أستاذاً لبيولوجيا علم الإنسان (الأنثروبولوجيا) إلى أن عاد إلى العالم القديم في عام 2004. أما كتابه بعنوان «بين السُّعلاوات، القردة الحمراء ونشوء الثقافة البشرية» (مطبوعة جامعة هارفرد 2004) فإنه يعطي مزيداً من التفاصيل حول الأفكار التي تمت تغطيتها في هذه المقالة

مراجع للاستزادة

A Model for Tool-Use Traditions in Primates: Implications for the Coevolution of Culture and Cognition. C. P. van Schaik and G. R. Pradhan in *Journal of Human Evolution*, Vol. 44, pages 645-664; 2003.

Orangutan Cultures and the Evolution of Material Culture. C. P. van Schaik, M. Ancrenaz, G. Borgen, B. Galdikas, C. D. Knott, I. Singleton, A. Suzuki, S. S. Utami and M. Y. Merrill in *Science*, Vol. 299, pages 102-105; 2003.

Conformity to Cultural Norms of Tool Use in Chimpanzees. Andrew Whiten, Vicky Horner and Frans de Waal in *Nature online*; August 2005.

Scientific American, April 2006

أكبر الأدلة على التعلم الاجتماعي. وهناك مزيد من الاختبارات غير المباشرة تستند إلى ترابطات correlations لدى الأنواع بين الحجم النسبي للمخ (بعد التصويب الإحصائي بالنسبة إلى حجم الجسم) وبين المتغيرين الاجتماعي والتنامي. أما الترابطات الراسخة بين الخاصية الاجتماعية والحجم النسبي للمخ في مختلف مجموعات الثدييات فإنها تتفق مع هذه الفكرة

وعلى الرغم من أن هذه الفرضية الجديدة غير كافية لتفسير سبب تفرّد أسلافنا وحدهم من بين القردة الكبيرة بتطوير مثل هذا الذكاء الجامع، فإن القدرة الإبداعية المتميزة لدى القردة الكبيرة في التجمعات ذات الثقافة الخصبية تجعل الفجوة تبدو أقل هولا. ويتضمن تفسير

معرفة عملية

مصافي النفط (البترول) خَمْرَةُ الكربون

إن زيت التسخين heating oil والبنزين والوقود النفاث jet fuel وزيت الكاز (الكيروسين) والبلاستيك وغيرها هي منتجات تشتق من النفط الخام فيما يشبه صومعة حبوب كبيرة تطلق دخانا، حيث تصفى وتنقى خلال شبكة معقدة من الأنابيب والتجهيزات يحوي النفط الخام مئات من الهيدروكربونات المختلفة. تقوم مصافي الولايات المتحدة بتحويل نصف كمية النفط الخام إلى بنزين - مزيج من الوقود - وفيه على الأخص 2-2-4 ثلاثي ميثيل البنتان 2,2,4 tri-methylpentane (ثمانى ذرات كربون متسلسلة) والهيپتان heptane (سبع ذرات كربون). وكلما زاد تعقيد السلسلة أصبح الجزيء أكثر قابلية للانضغاط قبل أن يشتعل تلقائيا بسلاسة في المحرك (دون انفجار)، مما يسمح للآلة أن تعمل تحت نسبة ضغط عالية وتعطي بالتالي طاقة أكبر ويتألف مزيج الاختبار لمعرفة رقم أوكتان البنزين بجمع 2-2-4 ثلاثي ميثيل البنتان والهيپتان (87 إلى 13 في المئة) ليعطي 87 أوكتان.

لقد اختبرت بعض المصافي فيما سبق إضافة بعض المواد لرفع رقم الأوكتان، مثل رابع إيتيل الرصاص كما في البنزين المرصص، لكنه استبعد نظرا لتخريبه المحولات الحفازة المستخدمة لخفض الانبعاثات الغازية الملوثة للبيئة. وقد تحول المنتجون إلى استخدام ميثيل ثلاثي بوتيل إيتير (MTBE)، لكن عزي إليه لاحقا تلويثه للمياه الجوفية، مما دعا الحكومات إلى منع استخدامه وحل الكحول الإيثيلي كبديل يزداد استخدامه والذي يقدر أوكتانه بنحو 108 أو 110 ويسوق البنزين الذي يحوي 10% من الكحول (الايتانول) باسم غازوهول gasohol

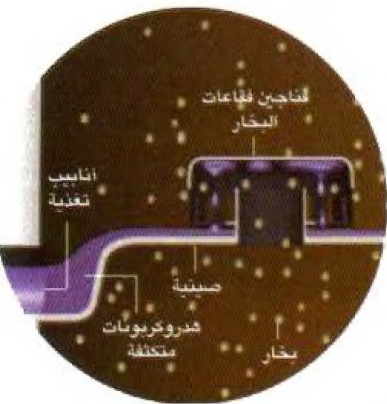
وفي الولايات المتحدة لم تنشأ خلال ثلاثين عاما مصاف جديدة، وذلك بسبب معارضة الأهالي مجاورة هذه المصافي وبسبب التقديرات البيئية. ومع توسيع بعض المنشآت القائمة، يجري استثمار ما يزيد على 90 في المئة من طاقة المصافي على نطاق الولايات المتحدة الأمريكية، وذلك حسب رأي «إتش. شوبرت» [أستاذ علم الوقود ومدير معهد الطاقة في جامعة بنسلفانيا]، حيث يقول: «إذا توقفت واحدة أو اثنتان من المصافي عن العمل، كما حصل خلال إعصار كاترينا، فسيكون هناك نقص في التكرير وسوف ترتفع الأسعار في محطات الوقود».

ومع ذلك، لا يمكن توجيه اللوم إلى المصافي - كما حدث - عند الارتفاع الكبير في الأسعار إذ إن إدارة معلومات الطاقة الأمريكية تحسب 18 في المئة من السعر النهائي لعملية التكرير (يأتي 47 في المئة من ثمن النفط الخام و23 في المئة من الضرائب و12 في المئة من تكاليف التوزيع وتجار التجزئة) ويقول «شوبرت» إن أرباح المصافي هي عبارة عن بضعة سنتات للمكائون الواحد، وهكذا فالربح المنخفض ومعارضة الأهالي لا تحفز الشركات كثيرا على استثمار بليونى دولار أو أكثر لبناء مصفاة نفط جديدة. ■

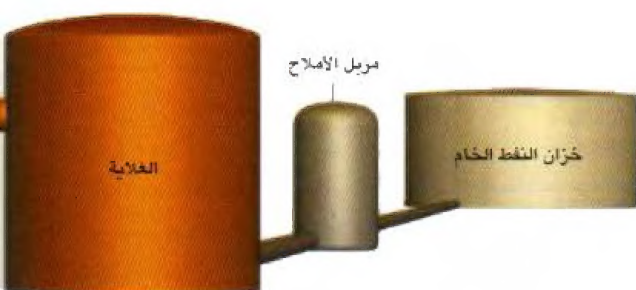
<M>...فيسيني>

CARBON HOCH (٤)

يُغلى النفط الخام في المصفاة وتدخل الأبخرة إلى عمود التقطير حيث ترتفع وتتكدس عندما نبرد إلى ما دون درجة غليانها تتكاثف سلاسل الهيدروكربونات الطويلة والمعقدة (أو ما يدعى بالقطرات) عند درجات حرارة عالية قرب قاع العمود، في حين تتكاثف سلاسل الهيدروكربونات القصيرة والبسيطة عند درجة حرارة أخفض بالقرب من أعلى العمود. كما تستخدم عمليات ثانوية مثل التكسير والنحسين لتنقية إضافية للنواتج السائلة

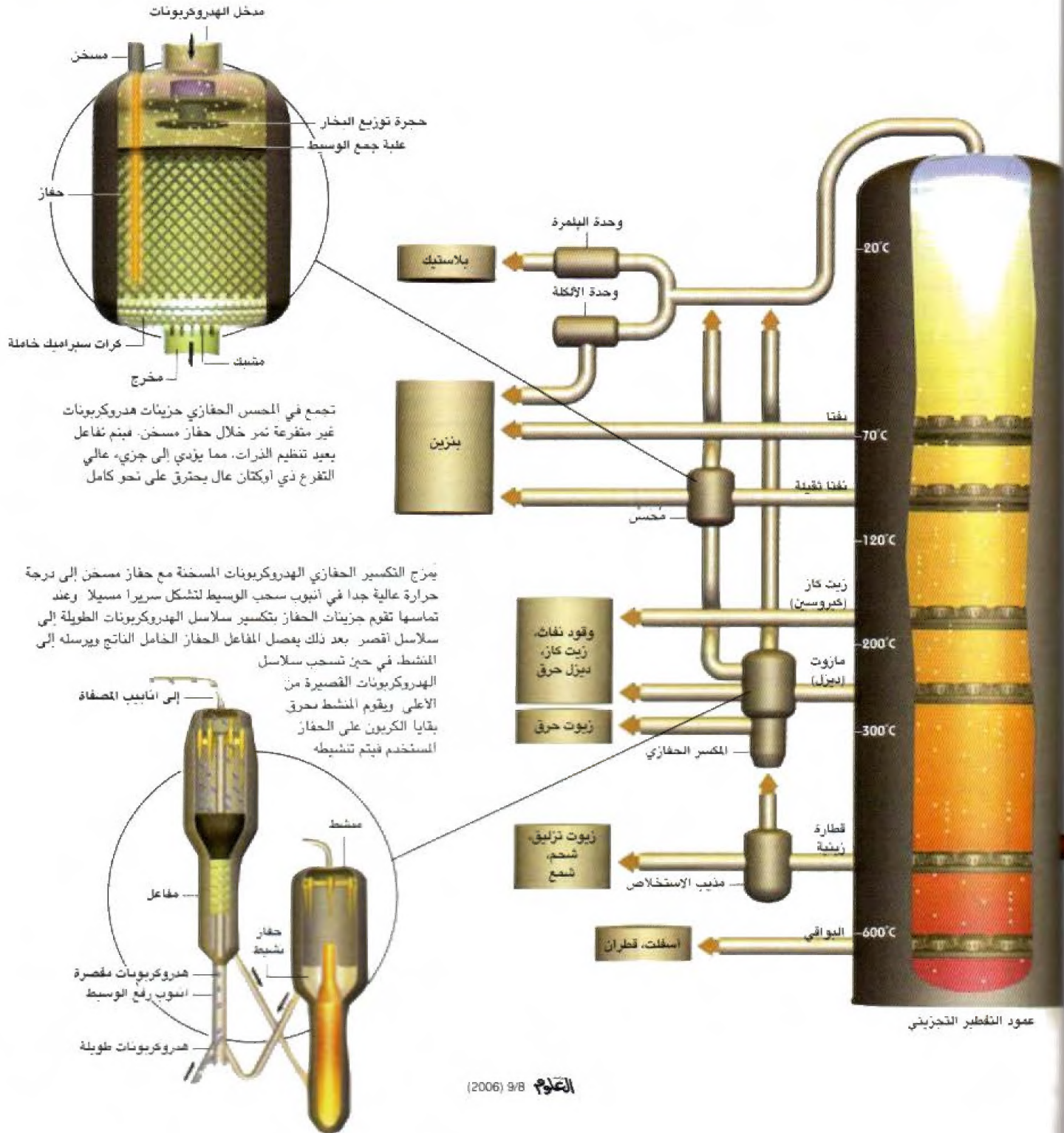


الصواني المتبقية تسمح للبخار بأن يصعد على شكل فقاعات حيث تتكثف وتسيل نحو أنابيب التغذية.



- والبولي إيثيلين الموجود في الحاويات البلاستيكية وفي التغليف، مصنع في مكسر حراري عند درجة حرارة عالية وضغط منخفض. يقوم المكسر بتفكيك الهيدروكربونات على شكل زوج من ذرات الكربون في كل مرحلة. ويشرح ذلك «H. شوبرت» قائلا: «إن كل زوج ثنائي الارتباط هو جزيء إيثيلين».
- الأوك (منظمة الاقطار المصدرة للنفط) مرة أخرى: تزداد طاقة التكرير بشكل كبير في اقطار اوك حيث تتضمن المنشآت قيد التركيب في الكويت إنتاج 600 000 برميل في اليوم وفي المملكة العربية السعودية 450 000: كما تخطط الهند والصين وكوريا الجنوبية لنمو واسع في هذا المجال. وتعتزم الشركة Arizona Clean Fuels إنشاء مصفاة نفط باستطاعة 150 000 لكنها لم تحصل بعد على الموافقات اللازمة. كما لم تؤمن التمويل اللازم.

- عندما أصبح زيت الحوت المستخدم في مصابيح الإنارة نادرا نحو عام 1850، قام الكنديون بتحويل الزيت المتسرب إلى زيت كاز (كيروسين). كما قام الروس بحفر آبار نفط تجريبية، لكن لم تنطلق هذه الصناعة حتى عام 1859، عندما قام الصناعي «G. بيسل» بالتعاقد مع «E. دراك» لحفر بئر بالقرب من أويل كريك في بنسلفانيا الذي أنتج البارفين القابل للتقطير إلى كيروسين ومنتج ثانوي هو البتزين الذي أهمل ظنا أنه عديم الفائدة.
- كلمة واحدة - بلاستيك (الدائن) تحوي بعض أنواع النفط الخام بروجان وبيوتان منحلين بتحرران عند قمة عمود التقطير، يحول البروجان بعدئذ إلى بروبيلين لاستخدامه في التسيج وتغليف الأطعمة وبعض مكونات السيارات ويحول البوتان إلى بوتادين من أجل المطاط الصناعي. بصفى معظم الإيثيلين.



انقطاع التنفس الرقادي^(١)

إن الذين يموتون أثناء نومهم غالباً ما يُسجّلون كحالات من القصور القلبي، ولكن يمكن أن يكون السبب الحقيقي أحياناً انقطاع التنفس الرقادي^(٢) Sleep apnea. لقد حقق باحثون ذيفانا عصبياً خلوي النوعية في ناحية صغيرة جداً من جذع الدماغ لدى الجرذان: أي فيما قبل مجمع بوتزينكر pre-Bötzinger complex، التي هي أساسية للتنفس. وبعد بضعة أيام أصيبت الجرذان بمشكلات تنفسية: أولاً خلال النوم في مرحلة تحرك العين السريع (الريم REM) rapid eye movements، ثم امتدت هذه المشكلات إلى فترة النوم خارج فترة نوم الريم وفترة السهاد. لقد أشار باحثون في تقرير على الإنترنت لمجلة *Nature Neuroscience* في 2005/8/7، إلى أن انقطاعات في نظم التنفس تتكرر بصورة متزايدة بين الكهول وأولئك الذين يعانون اضطرابات عصبية تنكسية ويخمن الباحثون أن نفاذ هذه العصبونات بسبب المرض أو الشيخوخة، يفضي إلى انقطاع نفس وخيم متزايد، يعجز معه الجسم في نهاية المطاف عن الاستيقاظ ■

<R.J> مينكل

TAKE YOUR BREATH AWAY (٢٠٠٥)

(١) في أثناء النوم

أفد مما تتوهمه^(١)

مع أن الأدوية الغُفل placebos قد لا تكون سوى أدوية خادعة، فالقوائد التي يعتقد المرضى أنهم حصلوا عليها تبدو أكثر من كونها أوهاماً. فقد قام علماء الأعصاب في جامعة ميتشيجان (أن أربور) وماريلاند بحقن الماء المالح في عضلات الفك لدى متطوعين شباب أصحاء بغية إحداث الألم لديهم، وأخبرهم الباحثون بعد ذلك أن تنقيط drips الماء المالح في الوريد قد يسكن الألم، وطلبوا إليهم أن يسجلوا كل 15 ثانية شدة الألم التي يشعرون بها وفقاً لسلم مدرج من الصفر إلى المئة، وقد كشفت مسح (تفاريص) scans الدماغ أن الباحثات العصبية ذات الصلة بالاستجابة للألم والكرب والمكافأة والانفعال، حررت الإندورفينات endorphins مسكنات تسلك سلوك الأفيونيات. وقد توافقت استجابة الإندورفين زمنياً مع انخفاض شدة الألم والشعور بعدم الارتياح وذلك حسب تقرير المتطوعين. وقد نشرت نتائج هذا البحث في مجلة «جورنال أوف نيوروساينس» (مجلة العلوم العصبية) بتاريخ 2005/8/24. ويخطط الباحثون لتقصي هذا التأثير عند النساء والمرضى الذين يعانون ألماً مزمنة. ■

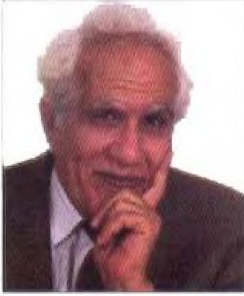
<C> ٩. شوا

USE YOUR ILLUSION (٢٠٠٥)

إنا لله وإنا إليه راجعون

أ.د أحمد مستجير مصطفى

في ذمة الله



بخالص العزاء وعظيم المواساة تنعى مجلة العلوم لقرانها الكرام الأستاذ الدكتور أحمد مستجير مصطفى، الذي كان - رحمه الله - أحد مترجمي ومراجعي مقالاتها، والذي وافاه الأجل عن عمر يناهز 72 عاماً.

لقد عاش الفقيد حياته العلمية باحثاً ومدرساً وخبيراً، وتولى عدداً من المناصب الأكاديمية والرسمية في بلده مصر، كان آخرها عميداً لكلية الزراعة - جامعة القاهرة، منذ عام 1986

حصل المرحوم على عدة جوائز وأوسمة تقديرية. منها جائزة أفضل كتاب علمي مترجم - وذلك عام 1993. وله عدة مؤلفات في الأدب وفي مجال التحسين الوراثي للحيوانات وترجم مجموعة كبيرة من المؤلفات في مجال العلوم والفلسفة والأدب

يعد المرحوم أحد أهم العلماء العرب في مجال الهندسة الوراثية، وكان يلقب «أبو الهندسة الوراثية». ومن أهم إنجازاته مشروع «زراعة الفقراء» الكبير الذي أطلق عليه مشروع «زراعة الفقراء» لاستنباط سلالات من القمح والأرز تتحمل درجات عالية من الملوحة والجفاف.

كان المرحوم عضواً في الأكاديمية العالمية للعلوم والفنون بسان فرانسيسكو واتحاد الكتاب العرب ومجمع اللغة العربية والجمعية المصرية لعلوم الإنتاج الحيواني ..

وكان الفقيد يلقب بـ «الأديب المتنكر في صورة عالم» لتعدد إسهاماته في أكثر من ميدان علمي وأدبي وإنساني.

ومن أبرز جهوده الأدبية كتاباته في عروض الشعر. وضع في إحداها نظرية علمية رياضياتية لدراسة عروض الشعر العربي وإيقاعاته الموسيقية أدعها في كتابه «مدخل رياضي إلى عروض الشعر العربي»

لفقيده - إن شاء الله - أجر العلماء الأخيار، وأسرتة ومحبيه وأصدقائه الكثيرين خالص العزاء وصادق المواساة.